



Rita Marques Marçal

Licenciada em Ciências de Engenharia Biomédica

Modelos de Simulação em Saúde: Promoção de Estilos de Vida Saudáveis

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Orientador: Professor Doutor Izunildo Cabral,
Professor Auxiliar Convidado, FCT-UNL

Co-orientador: Dra. Ana Rodrigues,
Investigadora, CEDOC
Assistente Convidada, NMS-FCM

Júri

Presidente: Professora Doutora Carla Maria Quintão Pereira

Arguente: Doutora Maria João Batista Gregório

Vogal: Professor Doutor Izunildo Fernandes Cabral



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2018

Rita Marques Marçal

Licenciada em Ciências de Engenharia Biomédica

Modelos de Simulação em Saúde: Promoção de Estilos de Vida Saudáveis

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Biomédica

Orientador: Professor Doutor Izunildo Cabral,
Professor Auxiliar Convidado, Faculdade de Ciências
e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Co-orientador: Dra. Ana Rodrigues,
Investigadora, CEDOC
Assistente Convidada, Faculdade de Medicina,
Universidade de Lisboa

Setembro, 2018

Modelos de Simulação em Saúde: Promoção de Estilos de Vida Saudáveis

Copyright © Rita Marques Marçal, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Dedicado aos meus pais e irmão,

Agradecimentos

Nesta secção gostaria de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que contribuíram para a elaboração desta dissertação.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Izunildo, por todo o empenho, paciência e disponibilidade demonstrados ao longo destes meses de trabalho. Agradeço também, à restante equipa de investigação, Professor António Grilo, Dra. Ana Rodrigues e Dra. Helena Canhão, pela oportunidade de trabalhar neste projeto, e por todo o apoio e colaboração.

À minha colega, e grande amiga, Beatriz Catarino, que me acompanhou ao longo destes cinco anos, nos bons e nos maus momentos, ajudando-me a alcançar e superar objetivos pessoais e académicos. Em particular, agradeço pela constante partilha de ideias e apoio, durante a realização de todo projeto, que tanto contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos com os quais partilhei o meu percurso académico, em particular à Carolina, Francisco e Xana, por me terem ajudado a chegar até aqui.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial, à Rita Serrasqueiro, Catarina Vi-doeira, Matilde Costa Campos, Daniela Correia, Beatriz Fachada, Rodrigo Veloso, Luís Nabais e Luís Pereira, por tantos anos de amizade, por estarem presentes quando mais preciso, e por me motivarem da forma como só vocês sabem.

Ao Gonçalo, por toda a paciência, incentivo e amor, por sempre acreditar em mim, e por me tornar numa pessoa melhor.

Aos meus avós, António, Nana e Zélia, e a toda a minha família, que sempre me apoiaram e educaram, contribuindo para a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão, Diogo, por todo o carinho, apoio e coragem demonstrados ao longo da minha vida, e por me pôr sempre um sorriso na cara, mesmo nos dias mais difíceis.

E por último, o meu maior e mais especial agradecimento aos meus pais, por acreditarem sempre que sou capaz, por toda a força, motivação e amor demonstrados. Obrigada, do fundo do coração, por todas as oportunidades proporcionadas, pelos

sacrifícios que fizeram, e acima de tudo, pela educação e valores transmitidos. Em particular, por me ensinarem e demonstrarem, que com trabalho, persistência e humildade o céu é o limite.

Resumo

As doenças crónicas são um problema de saúde pública global, sendo responsáveis por cerca de 70% do número total de mortes, em todo o mundo. Cada vez mais, é necessário promover estilos de vida saudáveis na sociedade, através da alteração dos comportamentos de risco, permitindo a prevenção, autogestão e controlo de doenças crónicas. Esta matéria tem sido alvo de diversos estudos, na tentativa de compreender o impacto da alteração de estilos de vida na saúde dos indivíduos. Contudo, os modelos desenvolvidos não permitem compreender o problema de forma global. Assim, através da modelação e simulação baseada em agentes (ABMS), o presente estudo propõe desenvolver uma ferramenta de apoio em saúde pública, que permita estimar o efeito de diferentes intervenções em estilos de vida, na população em geral.

O modelo desenvolvido avalia o impacto individual e combinado de intervenções de dieta, exercício físico e apoio psicológico, no índice de massa corporal, na hemoglobina glicada A1c e na qualidade de vida dos participantes. Esta ferramenta de simulação permite testar diferentes políticas de promoção de estilos de vida saudáveis, como se de um “laboratório” se tratasse.

Nesta investigação verificou-se que a intervenção individual com maior impacto no índice de massa corporal foi a dieta, e na hemoglobina glicada A1c foi a atividade física. As intervenções combinadas são mais complexas, tendo por isso, uma eficiência superior. A situação ideal com mais influência na saúde dos participantes, foi intervenção combinada da dieta, atividade física e apoio psicológico, na qual um maior número de participantes alterou o seu estado de risco.

O modelo necessita de validação para poder ser utilizado como ferramenta de apoio à decisão médica.

Palavras-chave: Prevenção de Doenças Crónicas; Estilos de Vida Saudáveis; Fatores de Risco de Doenças Crónicas; Modelação Baseada em Agentes na Saúde.

Abstract

Noncommunicable diseases are a global health concern, for being responsible for almost 70% of deaths worldwide. In large part, prevention, self-management and treatment of chronic diseases can be achieved by leading a healthier lifestyle, through the modification of risk factors. Current investigations have been trying to understand the impact of risk factors modification in people's health. However, the existing models do not allow us to study the problem globally and efficiently. To overcome this problem, the present study aims to develop a decision support tool in public health, to make predictions and estimate the best lifestyle interventions, with agent-based modelling and simulation (ABMS).

The model developed assesses the individual and combined impact of diet, exercise and psychological support in three main outcomes: body mass index (BMI), HbA1c and health-related quality of life. This simulation tool enables the investigators to test different scenarios and policies in health interventions, as a "laboratory" for real-life problems.

From this investigation, it was concluded that diet was the individual intervention with most impact on BMI, and physical activity was more successful to reduce HbA1c. Moreover, the combination of interventions is more complex, and consequently is more efficient. Specifically, the intervention of diet + exercise + psychological support, which had the best results and a higher number of participants changed their health status.

The model needs validation in order to be used as support tool in public health.

Keywords: Chronic Disease Prevention; Healthy Lifestyles; Chronic Disease Risk Factors, Agent Based Modeling in Health.

Índice

Lista de Figuras	xix
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Anexos	xxv
Lista de Siglas	xxvii
1 Introdução	1
1.1 Descrição do Problema	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Organização da Dissertação	3
2 Estilos de Vida	5
2.1 Fatores de Risco	5
2.2 Intervenções nos Estilos de Vida	6
2.2.1 Atividade Física	6
2.2.2 Hábitos Alimentares	7
2.2.3 Apoio Psicológico	8
2.3 Promoção de Estilos de Vida Saudáveis	8
2.4 <i>Outcomes</i> das Intervenções	10
2.4.1 Índice de Massa Corporal	10
2.4.2 Hemoglobina Glicada A1c	11
2.4.3 Qualidade de Vida	12
3 Simulação em Sistemas Complexos	15
3.1 Sistemas Complexos	15
3.2 Técnicas de Modelação de Sistemas Complexos	16
3.3 Modelação Baseada em Agentes	18
3.3.1 Modelação Baseada em Agentes na Saúde	20

3.3.2	Desenvolvimento de um Modelo Baseado em Agentes	24
3.3.3	Plataformas de Simulação de Agentes	24
4	Desenvolvimento do Modelo.....	27
4.1	Modelo Teórico.....	27
4.1.1	Planos de Intervenção.....	28
4.1.2	Estratégias de Intervenção	29
4.1.3	Características do Modelo.....	30
4.2	Evidências para as Funções de Influência	30
4.2.1	Impacto do Exercício Físico no IMC.....	31
4.2.2	Impacto do Exercício Físico na HbA1c.....	32
4.2.3	Impacto da Dieta na Incidência de Diabetes	33
4.2.4	Impacto da Dieta na HbA1c.....	34
4.2.5	Impacto do Apoio Psicológico na HbA1c	35
4.2.6	Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida.....	37
4.2.7	Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida no IMC	38
4.2.8	Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida no IMC, HbA1c e na qualidade de vida	40
4.2.9	Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida na HRQoL.....	41
4.2.10	Impacto da TV e Internet.....	42
4.2.11	Intervenção pela Internet para Diabetes	42
4.2.12	Intervenção pela Internet para Perder de Peso	44
4.2.13	Intervenção pela TV para Prevenir Diabetes.....	46
4.2.14	Intervenção pela TV para Perder Peso	46
4.3	Modelo de Simulação.....	49
4.3.1	Caracterização da Amostra da População	49
4.3.2	Funções de Influência das Intervenções.....	55
4.3.3	Interface de Simulação.....	59
5	Resultados.....	65
5.1	Análise de Resultados.....	65
5.1.1	Dieta	66
5.1.2	Atividade Física	69

5.1.3	Apoio Psicológico	70
5.1.4	Dieta + Atividade Física.....	71
5.1.5	Dieta + Apoio Psicológico	72
5.1.6	Atividade Física + Apoio Psicológico	74
5.1.7	Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico.....	75
5.1.8	Intervenção Internet (Dieta + Atividade física)	77
5.2	Discussão de Resultados	79
6	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	83
6.1	Conclusões Gerais	83
6.2	Limitações e trabalhos futuros	85
	Referências	87
	Anexos	95
A.	Valores Estatísticos das Características de cada País	95
B.	Painel de Interação de Agentes em Diferentes Intervenções	97
C.	Interface de Simulação.....	99

Lista de Figuras

Figura 2.1. Questionário EQ-5D-3L (versão original)	13
Figura 2.2. Excerto do Questionário SF-36 (versão portuguesa)	14
Figura 3.1. Esquema exemplificativo da interação entre os agentes e o meio envolvente	19
Figura 4.1. Esquema representativo de uma interação ao nível de um indivíduo	30
Figura 4.2. Interface completa do modelo de simulação na baseline.....	60
Figura 4.3. Secção de comandos.....	60
Figura 4.4. Secção com as características dos participantes e número de cada tipo de intervencionistas na baseline	61
Figura 4.5. Painel de interação a) na baseline e b) após intervenção de exercício físico	62
Figura 4.6. Secção dos outcomes da interface após uma intervenção	63
Figura 4.7. Monitor com as características do participante selecionado	64
Figura 4.8. Interação do participante a) antes e b) após a intervenção da atividade física	64
Figura 5.1. Interface setup de uma das simulações, com os valores da baseline antes da intervenção da dieta.....	66
Figura 5.2. Interface com os outcomes, numa das simulações, após a intervenção Dieta	67
Figura 5.3. Painel de interação a) na baseline e b) após intervenção da Dieta	68

Lista de Tabelas

Tabela 1.1. Organização da dissertação	4
Tabela 2.1. Classificação dos estados nutricionais	10
Tabela 2.2. Valores da hemoglobina glicada e respetiva classificação	11
Tabela 3.1. Propriedades do sistema ABM e dos agentes	20
Tabela 4.1. Representação das variáveis e dos outcomes do estudo	28
Tabela 4.2. Plano de intervenção face-to-face/ TV/Internet	29
Tabela 4.3. Esquema de pesquisa para determinar as funções de influência de cada intervenção	31
Tabela 4.4. Valores iniciais e finais do outcome peso nos diferentes programas	32
Tabela 4.5. Valores iniciais e finais da HbA1c nos programas Usual Care e MNT	35
Tabela 4.6. Dados da HbA1c e da qualidade de vida na Baseline e no fim da intervenção nos grupos de controlo e intervenção	36
Tabela 4.7. Dados da HbA1c e da qualidade de vida na Baseline e no fim da intervenção nos grupos de controlo e MBCT	37
Tabela 4.8. Dados da perda de peso e IMC e nas intervenções de Dieta, Exercício e Dieta + Exercício	39
Tabela 4.9. Dados da perda de peso, IMC, HbA1c e qualidade de vida nos grupos de intervenção e controlo	40
Tabela 4.10. Resultados do aumento da qualidade de vida após o grupo de intervenção	42
Tabela 4.11. Valores da HbA1c no início e no fim da intervenção	43
Tabela 4.12. Valores da diferença de peso, IMC e qualidade de vida entre o início e o fim da intervenção e do controlo	45
Tabela 4.13. Valores do peso no início e no fim nos diferentes grupos de intervenção	47
Tabela 4.14. Sumário dos estudos das intervenções	47
Tabela 4.15. Continuação da Tabela 4.14	48

Tabela 4.16. Algumas características da amostra de população	51
Tabela 4.17. Valor dos outcomes iniciais da amostra de população caracterizada	55
Tabela 4.18. Tabela com as intervenções introduzidas no modelo de simulação	57
Tabela 4.19. Continuação da Tabela 4.18.....	58
Tabela 4.20. Continuação da Tabela 4.19	59
Tabela 5.1. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta.....	67
Tabela 5.2. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta	67
Tabela 5.3. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da atividade física.....	69
Tabela 5.4. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da atividade física	69
Tabela 5.5. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção do apoio psicológico.....	70
Tabela 5.6. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção do apoio psicológico	70
Tabela 5.7. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta + atividade física	71
Tabela 5.8. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta + atividade física.....	72
Tabela 5.9. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta + apoio psicológico	73
Tabela 5.10. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta + apoio psicológico	73
Tabela 5.11. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da atividade física + apoio psicológico	74
Tabela 5.12. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da atividade física + apoio psicológico	74
Tabela 5.13. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta + atividade física + apoio psicológico	75

Tabela 5.14. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta + atividade física + apoio psicológico.....	76
Tabela 5.15. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da Internet.....	77
Tabela 5.16. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da Internet.....	78
Tabela 5.17. Resultados das intervenções.....	79
Tabela 5.18. Resultados do outcome SF-36 para a intervenção face-to-face e internet ..	79

Lista de Anexos

Anexo A.1. Características de cada país	95
Anexo A.2. Continuação do Anexo A.1	96
Anexo A.3. Continuação do Anexo A.2	97
Anexo B.1. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção da Atividade Física	97
Anexo B.2. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção de Apoio Psicológico.....	98
Anexo B.3. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção Dieta + Atividade Física.....	98
Anexo B.4. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico	99
Anexo C.1. Interface com valores baseline antes da intervenção dieta + atividade física	99
Anexo C.2. Interface após intervenção Dieta + Atividade Física.....	100
Anexo C.3. Interface com os valores baseline dos participantes antes da intervenção dieta + atividade física + apoio psicológico	100
Anexo C.4. Interface após a intervenção Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico	101

Lista de Siglas

ABM	<i>Agent Based Modeling.</i>
ABMS	<i>Agent Based Modeling and Simulation.</i>
AF	Atividade Física.
AP	Apoio Psicológico.
BMI	<i>Body Mass Index.</i>
BP	<i>Bodily Pain.</i>
CCL	<i>Center for Connected Learning.</i>
CEDOC	Centro de Estudos de Doenças Crônicas.
D	Dieta.
DES	<i>Discrete Event Simulation.</i>
DPP	<i>Diabetes Prevention Program.</i>
EpiDoc	Epidemiologia de Doenças Crônicas.
EQ-5D	<i>EuroQoL Five Dimension Scale.</i>
EQ-5D-3L	<i>EuroQoL Five Dimension – three level.</i>
EQ-5D-5L	<i>EuroQoL Five Dimension – five level.</i>
EQ-VAS	<i>EuroQoL Visual Analog Scale.</i>
ER	<i>Emocional Role.</i>
EUA	Estados Unidos da América.
GH	<i>General Health.</i>
HbA1c	Hemoglobina glicada A1c.
HDL	<i>High Density Lipoproteins.</i>
HRQoL	<i>Health Related Quality of Life.</i>
IGR	<i>Impaired glucose tolerance.</i>

IMC	Índice de Massa Corporal.
LDL	<i>Low Density Lipoproteins.</i>
MBCT	<i>Mindfulness-Based Cognitive Therapy.</i>
MH	<i>Mental Health.</i>
MNT	<i>Medical Nutrition Therapy.</i>
MOS	<i>Medical Outcomes Study.</i>
NA	<i>Network Analysis.</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde.
PF	<i>Physical Function.</i>
PR	<i>Physical Role.</i>
PT	<i>Personal Trainer.</i>
SD	<i>Systems Dynamics.</i>
SF-36	<i>36-Item Short Form Survey.</i>
SMS	<i>Short Message Service.</i>
SR	<i>Social Role.</i>
V	<i>Vitality.</i>
WHO	<i>World Health Organization.</i>
WHOQoL	<i>World Health Organization Quality of Life.</i>



Introdução

Esta secção pretende introduzir o contexto da dissertação, bem como o problema central da investigação. Será fornecido, ao leitor, uma breve descrição dos objetivos e da metodologia de investigação utilizada. Por fim, será apresentada a organização da dissertação, onde é fornecida uma breve descrição do conteúdo de cada um dos capítulos.

1.1 Descrição do Problema

As doenças crónicas são um problema de saúde pública, a nível global [1][2]. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) [3], estas doenças são caracterizadas por serem de longa duração, geralmente de progressão lenta, resultantes da combinação de fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e comportamentais. Atualmente, mais de 36 milhões de pessoas morrem, anualmente, vítimas de doenças cardiovasculares, enfarte, cancro, diabetes e doenças pulmonares, correspondendo, aproximadamente, a 70% do número total de óbitos. Desta incidência, cerca de 75% correspondem a mortes prematuras, que em grande parte poderiam ser prevenidas através de alterações de estilos de vida [3][4]. Certos fatores de risco, como fumar, hipertensão, hiperglicemia, obesidade, inatividade física e má nutrição levam a um aumento da predisposição destas doenças [5][6]. Em 2010, o excesso de peso e a obesidade foram a causa de 3.4 milhões de mortes [7], e a inatividade física causou, em 2008, mais de 5.3 milhões de óbitos [8].

Em grande parte, a prevenção, a gestão e a alteração dos fatores de risco podem ser alcançados através da adaptação de um estilo de vida mais saudável [9][10].

Com a globalização e o desenvolvimento da sociedade é necessária uma urgência na sensibilização e promoção de hábitos saudáveis na população, com o objetivo de prevenir situações de risco sem retorno ou de melhorar a qualidade de vida das pessoas já

diagnosticadas com doenças crónicas. No entanto, a maioria das despesas de saúde pública continua a dever-se aos cuidados primários e à gestão e controlo das doenças, e não à prevenção das mesmas [11].

Para contornar esta situação, os investigadores e profissionais de saúde têm desenvolvido ferramentas e modelos específicos, no entanto estes não permitem compreender o problema de forma global e efetiva. Na sua grande maioria, estão focados numa só condição crónica, ou numa só intervenção, não sendo possível avaliar o impacto de diferentes variáveis, numa população geral. Para alcançar uma alteração global, são necessárias novas abordagens de prevenção e tratamento de doenças crónicas. Desta forma, propõe-se a aplicação de modelos baseados em agentes para avaliar o impacto de diferentes intervenções, e combinações das mesmas, na população em estudo.

1.2 Objetivos

De forma a preencher a lacuna existente na literatura, esta investigação tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de apoio em saúde pública, que permita estimar o efeito de diferentes intervenções em estilos de vida, na população em geral. Esta ferramenta poderá ser aplicada a cada região ou país, para estimar os efeitos na sua população. Além disso, permitirá avaliar qual a intervenção mais eficaz, tendo em conta o efeito individual ou combinado de cada uma. Assim, será modelado e avaliado o impacto do exercício físico, da dieta e do apoio psicológico (variáveis dependentes) nos seguintes *outcomes*: hemoglobina glicada A1c (HbA1c), índice de massa corporal (IMC) e qualidade de vida. Com esta análise, pretende-se que o modelo proposto avalie a resposta dos indivíduos às diferentes intervenções, com base nas suas condições clínicas, permitindo assim o apoio na decisão de quais as melhores intervenções em saúde pública, para cada população.

1.3 Metodologia

A pesquisa realizada para esta investigação teve origem em janeiro de 2018, e foi concluída em julho do mesmo ano, através das plataformas PubMed, B-on e ScienceDirect. Este trabalho de investigação foi desenvolvido ao longo de três fases.

A primeira fase da dissertação passou pela identificação e compreensão do problema, através do estudo nas áreas de investigação em questão, nomeadamente doenças crónicas, fatores de risco, promoção de estilos de vida saudáveis e modelos de simulação de agentes, bem como a sua aplicação na saúde. A pesquisa e leitura sistemática de artigos científicos, permitiram uma melhor contextualização e fundamentação dos conceitos teóricos, modelos, ferramentas e metodologias que definem estas áreas. Este estudo permitiu identificar as lacunas existentes nos modelos atuais, bem como as diferentes necessidades da sociedade, relacionadas com a promoção de estilos de vida. Verificou-se que as intervenções existentes na literatura são específicas para determinadas realidades, e têm uma aplicabilidade limitada. Com o conhecimento necessário na área, e em conjunto com a equipa de investigação, foi possível criar o modelo teórico, que mais tarde foi conceptualizado no programa de simulação, NetLogo [12], que se destina à simulação de sistemas baseados em agentes.

Na segunda fase, foi feita uma pesquisa sistemática, para analisar o impacto de intervenções de exercício físico, dieta e apoio psicológico nos *outcomes* da HbA1c, IMC e qualidade de vida. Assim, foi possível estimar as funções de influência da dieta, exercício físico, apoio psicológico, dieta + exercício físico, dieta + exercício físico + apoio psicológico e por fim, uma intervenção pela Internet, e o respetivo impacto em cada um dos três *outcomes*. Estas funções são cruciais no desenvolvimento do modelo de simulação, e obtenção de resultados.

Na terceira fase, foi realizada uma pesquisa com o objetivo de caracterizar a população europeia. Assim, através das bases de dados da OMS (*WHO Database*) [13] e do Eurostat [14], e de estudos científicos encontrados na literatura, foi determinada uma amostra de população, à qual foram aplicada as funções de influência, no modelo de simulação. Após o modelo ser ajustado e verificado, em termos de programação, foram obtidos e analisados os resultados da aplicação desta ferramenta.

1.4 Organização da Dissertação

A presente dissertação está organizada em seis capítulos. O Capítulo 1, Introdução, contém a contextualização do tema e do problema de investigação, a identificação dos objetivos bem como a metodologia utilizada para alcançar os objetivos. O segundo e terceiro capítulo fornecem uma revisão da literatura. Especificamente, no segundo capítulo são abordados os conceitos teóricos relacionados com estilos de vida, fatores de

risco, doenças crônicas e promoção de estilos de vida saudáveis. No terceiro capítulo, é feita uma revisão teórica sobre sistemas complexos, modelos que permitem estudar sistemas complexos, em particular, modelos de simulação baseados em agentes e respetivas plataformas de simulação, como o NetLogo [12]. O Capítulo 4 foca-se no desenvolvimento do modelo, começando pela explicação do modelo teórico e todas as suas características e variáveis, seguido das evidências que permitiram modelar as funções de influência das intervenções, e por fim, faz referência ao modelo de simulação, incluindo a amostra da população escolhida, as funções introduzidas no programa, bem como toda a explicação detalhada da interface de simulação. O Capítulo 5, apresenta os resultados obtidos nas simulações de cada intervenção, e a análise dos mesmos. Por fim, no sexto e último capítulo, serão apresentadas as conclusões e limitações da dissertação, e recomendações de trabalhos futuros. Na Tabela 1.1 apresenta-se a organização da dissertação.

Tabela 1.1. Organização da dissertação

CAPÍTULO	SUBCAPÍTULO
1 – INTRODUÇÃO	1.1 – Descrição do Problema
	1.2 – Objetivos
	1.3 – Metodologia
	1.4 – Organização da Dissertação
2 – ESTILOS DE VIDA	2.1 – Fatores de Risco
	2.2 – Intervenções nos Estilos de Vida
	2.3 – Promoção de Estilos de Vida Saudáveis
	2.4 – Outcomes das Intervenções
3 – SIMULAÇÃO EM SISTEMAS COMPLEXOS	3.1 – Sistemas Complexos
	3.2 – Técnicas de Modelação de Sistemas Complexos
	3.3 – Modelação Baseada em Agentes
4 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO	4.1 – Modelo Teórico
	4.2 – Evidências para as Funções de Influência
	4.3 – Modelo de Simulação
5 - RESULTADOS	5.1 – Análise de Resultados
	5.2 – Discussão de Resultados
6 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	6.1 – Conclusões Gerais
	6.2 – Limitações e Trabalhos Futuros



Estilos de Vida

O presente capítulo pretende introduzir a literatura considerada relevante no âmbito da promoção de estilos de vida saudáveis, a fim de transmitir ao leitor os conceitos teóricos necessários. Nesta revisão serão identificados os diferentes fatores de risco associados ao declínio da qualidade de vida, e consequente aparecimento de doenças crónicas. Serão também apresentados os benefícios da prática regular de atividade física, adoção de bons hábitos alimentares e suporte psicológico, bem como explicados os *outcomes* das intervenções, que serão avaliados.

2.1 Fatores de Risco

Certos comportamentos de risco como o uso de tabaco, excesso de bebidas alcoólicas, inatividade física e maus hábitos alimentares contribuem significativamente para o aparecimento de doenças crónicas, declínio da qualidade de vida e mortalidade. Estes fatores são alteráveis, e as doenças desenvolvidas podem ser prevenidas. De facto, é estimado que cerca de 50% do total de mortes nos EUA, é causado por situações que poderiam ter sido prevenidas [15]. Um grupo de investigadores, Fine *et al.* [16], desenvolveram um estudo no âmbito da prevalência dos fatores de risco associados às doenças crónicas e concluíram que cerca de 70%, de uma amostra com 29.183 sujeitos nos EUA, apresentava três ou mais fatores de risco. A prevalência destes fatores está diretamente relacionada com variáveis demográficas, como idade, género, etnia, nível de educação, estado civil, presença de outras doenças crónicas e estado de saúde mental. O comportamento de risco mais prevalente foi a inatividade física, correspondendo a 60% da amostra. Segundo este estudo, estima-se que apenas 10% da população adulta dos EUA não tem nenhum fator de risco associado.

O contexto social e os comportamentos dos indivíduos, definem e determinam, em grande parte, o desenvolvimento das doenças. Mesmo quando os fatores genéticos são os principais responsáveis pela predisposição de certas características, os fatores comportamentais é que determinam se a expressão do fenótipo da doença se manifesta [17].

2.2 Intervenções nos Estilos de Vida

A alteração dos comportamentos de risco e a adoção de estilos de vida saudáveis, têm um enorme impacto na saúde dos indivíduos. Assim, nas secções seguintes 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, serão avaliadas as três intervenções que correspondem às variáveis desta investigação, bem como os respetivos impactos encontrados na literatura.

2.2.1 Atividade Física

Um estilo de vida sedentário e uma baixa capacidade cardiorrespiratória aumentam o risco de doenças cardiovasculares com o mesmo impacto que a presença de fatores de risco, como tabaco, pressão arterial alta ou altos níveis de colesterol. Comportamentos sedentários também aumentam o risco de obesidade e diabetes. Uma prevenção primária tem o objetivo de prevenir e modificar os fatores de risco, de forma a prevenir o desenvolvimento de doenças crónicas [18][19].

Estudos indicam que a prática regular de atividade física melhora a função física e qualidade de vida. Esta prática previne mortes prematuras por doenças coronárias, cancro de colon e diabetes tipo 2. Em particular, melhora a sensibilidade à insulina e a captação da glicose, diminui a pressão arterial, melhora a saúde dos vasos sanguíneos, previne ou combate a obesidade, ajuda também no declínio cognitivo e na fragilidade óssea e muscular [20]. O exercício físico está então associado a menores taxas de mortalidade e a uma redução do aparecimento de novas doenças [21]. Tendo em conta os factos, é necessário encarar esta prática como uma terapia primária, clinicamente eficiente e economicamente mais inteligente, para reduzir a incidência de doenças crónicas [22].

Mason *et al.* [23] realizaram um estudo com uma amostra de 72.448 mulheres enfermeiras com idades compreendidas entre os 45 e os 65 anos, nos EUA. Durante oito anos, foi analisado o impacto de exercício físico vigoroso e moderado. Este estudo demonstrou uma redução em 30% na incidência de doenças coronárias, enfarte e diabetes

tipo 2, apenas com caminhadas de 3h por semana. Para além disso, demonstraram que o risco de desenvolverem complicações coronárias é 85% superior nas mulheres que têm o IMC acima de 29 Kg/m^2 e que não praticam atividade física, comparando com as que praticam. Os investigadores revelaram ainda que, as enfermeiras que são fisicamente ativas, mesmo tendo um IMC acima de 29 Kg/m^2 , têm apenas 29% de probabilidade de desenvolver um evento coronário agudo, comparando com as enfermeiras mais ativas e com um IMC baixo. Posto isto, não é necessária uma atividade física intensa para prevenir e reduzir os riscos de desenvolver doenças crónicas, com exercício moderado é possível alcançar resultados satisfatórios e clinicamente significativos [22].

2.2.2 Hábitos Alimentares

Em termos de comportamentos alimentares, um consumo excessivo de alimentos energéticos, ricos em gorduras saturadas, açúcar e sal, e um baixo consumo de vegetais e frutas são um dos maiores fatores relacionados com o aumento da incidência de doenças, incapacidade física e mortalidade [24].

Estudos indicam a existência de uma relação entre os padrões alimentares e padrões socioeconómicos. Ou seja, indivíduos de um estrato socioeconómico mais baixo são mais propensos a terem maus hábitos alimentares. Além disso, no mesmo estrato social, foram observados fatores de risco alimentares associados a outros estilos de vida não saudáveis, como inatividade física [25].

A dieta mediterrânea, caracterizada pelo alto consumo de vegetais, legumes, leguminosas, futas, frutos secos, azeite, consumo moderado de peixe e baixo consumo de carnes vermelhas tem sido altamente reconhecida como um padrão de alimentação saudável [26]. Dois estudos, no sul da Europa, sugerem que a aderência à dieta mediterrânea leva a uma diminuição da incidência de diabetes em indivíduos saudáveis [27] ou em sobreviventes de enfarte de miocárdio [28]. Sofi *et al.* [29] sugerem que esta dieta está associada a uma redução de 9% na mortalidade global, 9% na mortalidade por doenças cardiovasculares, 6% na mortalidade por cancro e 13% na incidência de Alzheimer.

Sabe-se ainda, que as intervenções de dieta são mais eficazes na perda de peso, do que as intervenções de exercício físico. Por exemplo, um estudo conduzido por Skender *et al.* [30], demonstrou que no programa de intervenção de dieta, os participantes perdem o dobro do peso, comparativamente com os participantes no programa de exercício. Assim, a variação do IMC será também superior, após a intervenção da dieta.

2.2.3 Apoio Psicológico

O stress emocional, que consiste em sintomas de depressão e ansiedade, afeta cerca de 20% a 40% de indivíduos com diabetes tipo 1 ou 2 [31]. Sendo um problema de saúde comum nesta doença metabólica, resulta numa redução da qualidade de vida [32], má gestão da doença e comportamentos nocivos, mau controlo glicémico [33], impactos cardiovasculares adversos e aumento da taxa de mortalidade [34]. As intervenções emocionais e cognitivas têm tido sucesso clínico no aumento da qualidade de vida e controlo glicémico do paciente com diabetes e pré-diabetes, evitando o desenvolvimento da doença, no último caso [35].

Aplicando noutro contexto, a obesidade é uma doença complexa diretamente relacionada com variáveis psicológicas. As intervenções psicológicas são, por isso, elementos chave para que os participantes alterem os estilos de vida e percam peso. Além disso, estas estratégias permitem que os indivíduos mantenham o peso a longo prazo, tornando os programas mais eficientes [36]. Segundo Castelnovo *et al.* [37], para os tratamentos da obesidade serem bem sucedidos, a longo termo, é necessário ter em conta variáveis psicossociais, como os valores e estereótipos relacionados com o excesso de peso, e psicopatológicas, como a depressão. Isto deve-se às importantes correlações entre a obesidade e os fatores psicológicos, como a autoestima, qualidade de vida, distúrbios alimentares, problemas de humor, ansiedade e traços de personalidade. Por exemplo, um estudo conduzido por Grilo *et al.* [38], sugere que a insatisfação com a imagem corporal está diretamente relacionada com distúrbios alimentares e baixa autoestima, sendo estes mediadores para o desenvolvimento de uma depressão.

Por isso, é importante ter em conta o apoio psicológico na alteração de estilos de vida, juntamente com o exercício físico e dieta.

2.3 Promoção de Estilos de Vida Saudáveis

Em grande parte, a prevenção, a gestão e atenuação dos fatores de risco, podem ser atingidos através de intervenções de promoção de vida saudável, levando a uma alteração dos comportamentos e hábitos, desde de um indivíduo até a uma comunidade [9][10].

Recentemente, o estudo de prevenção de diabetes (*Diabetes Prevention Program – DPP*) concluiu que pequenas alterações nos estilos de vida, como perda de peso,

modificações na dieta e o aumento da atividade física durante o período de lazer, reduzem o risco de diabetes em 58%, em indivíduos com pré-diabetes [39].

Para além de um menor risco de diabetes, a adaptação de estilos de vida saudáveis, levam a uma diminuição do peso, e consequentemente uma diminuição da incidência de doenças cardiovasculares, hipertensão, certos cancros, distúrbios de sono, reduzindo a multimorbilidade e aumentando a qualidade de vida [40].

As intervenções de promoção de estilos de vida saudáveis podem ser difundidas através de organizações profissionais (exemplo: empresas privadas), sistemas educacionais (exemplo: escolas, faculdades), organizações de saúde, redes sociais e meios de comunicação social (exemplo: televisão, rádio, Facebook, blogs). Em particular, a televisão, sendo uma fonte credível de informação e muitas vezes suportada por profissionais de saúde, pode ter um enorme impacto na população [41]. Para além disso, a Internet e a TV são meios alternativos às intervenções tradicionais *face-to-face*, por serem economicamente mais viáveis e terem um maior alcance, chegando a um maior número de pessoas.

Apesar da TV estar associada ao sedentarismo e ter consequências negativas para a saúde, estudos indicam fatores positivos que advêm da educação através do entretenimento. Os programas têm a capacidade de incorporar um ou mais tópicos, influenciando as atitudes e o comportamento da audiência [42], com base na teoria que as pessoas aprendem através da observação. Estudos realizados indicam que os programas de entretenimento aumentam o conhecimento na área da saúde, em específico, sobre nutrição, exercício físico [43] e comportamentos de risco (tabaco e álcool) [44].

Adicionalmente, as intervenções pela Internet têm emergido devido ao crescimento exponencial do acesso à Internet, bem como, a sua crescente utilização no dia a dia. Em 2012, cerca de 66% das residências nos EUA tinham acesso à Internet. Adicionalmente, no mesmo ano, cerca de 61% dos adultos usou a Internet para pesquisar sobre saúde, nutrição, atividade física e perda de peso [45]. As capacidades da Internet permitem uma constante atualização, interação e programas de estilos de vida individualizados [46]. Comparativamente com os programas tradicionais, estes permitem um acesso facilitado, anonimato, e possibilidade de um maior número de participantes [47].

Como já referido, as alterações de estilos de vida têm como principal objetivo promover uma vida saudável com qualidade, reduzindo a incidência de doenças. Este impacto pode ser avaliado através de medidas que indiquem o estado de saúde em diferentes parâmetros. Por exemplo, intervenções de obesidade avaliam o índice de massa corporal e o índice de massa gorda, como forma de estudar a eficiência da intervenção e

a resposta do indivíduo. Assim, na Secção 2.4 serão abordados os *outcomes* que serão avaliados no presente estudo.

2.4 Outcomes das Intervenções

Nesta secção será feita uma breve introdução aos *outcomes* desta investigação, que permitirão medir o impacto das diferentes intervenções, na amostra de população em estudo.

2.4.1 Índice de Massa Corporal

Segundo a Organização Mundial de Saúde [48], o índice de massa corporal (IMC), também conhecido por índice de Quetelet, é uma medida do valor nutricional nos adultos. Esta medida é definida pelo peso do indivíduo, em quilogramas, a dividir pela altura ao quadrado, em metros, como se ilustra na Equação 2.1.

$$IMC (Kg/m^2) = Peso (Kg) / Altura^2 (m^2) \quad (2.1)$$

Para adultos acima dos 20 anos de idade, o IMC permite distinguir entre as seguintes categorias, apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Classificação dos estados nutricionais [48]

IMC	Estado Nutricional
< 18.5	Abaixo do peso ideal
[18.5, 25[	Peso normal
[25, 30[	Pré-obesidade
[30, 35[	Obesidade grau I
[35, 40[	Obesidade grau II
≥ 40	Obesidade grau III

O IMC também é recomendado para crianças e adolescentes, no entanto a escala é diferente, a razão entre o peso e a altura depende da idade e do sexo.

A escala do IMC está baseada no efeito que o excesso de gordura corporal tem nas doenças e na mortalidade, relacionado com a adiposidade. O IMC foi desenvolvido

como indicador de risco de doenças, à medida que este aumenta, o mesmo acontece para o risco de incidência de doenças como: doenças cardiovasculares, pressão alta, osteoporose, certos cancros e diabetes.

Esta medida apresenta limitações, uma vez que apenas está dependente do peso e da altura, e não tem em consideração os diferentes níveis de adiposidade baseados na idade, atividade física e sexo. No entanto, é a mais utilizada na literatura existente.

2.4.2 Hemoglobina Glicada A1c

O exame da HbA1c tem sido mais frequentemente utilizado como alternativa aos testes tradicionais de diagnóstico de diabetes. Este teste indica a quantidade de glóbulos vermelhos glicados, ou seja, que estão ligados a uma molécula de glicose. Por exemplo, se um indivíduo apresentar um valor de 7% para a HbA1c, significa que em cada 100 glóbulos vermelhos, 7 estão glicados. O nível de HbA1c reflete o valor médio de glicose no sangue, nos últimos 2 – 3 meses [49]. O exame pode ser efetuado em qualquer altura do dia, sem necessidade de efetuar jejum ou qualquer outra preparação dietética. Devido às suas características, é o exame preferencial para avaliar o controlo glicémico em pessoas com diabetes, para diagnosticar a doença ou para avaliar o risco de a desenvolver no futuro, com base no seu valor [50].

Os níveis de HbA1c são divididos nas seguintes categorias, como apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Valores da hemoglobina glicada e respetiva classificação [51]

Valor de HbA1c	Diagnóstico
< 5.7 %	Normal
[5.7, 6.5] %	Risco elevado de desenvolver diabetes: Pré-diabetes
≥ 6.5 %	Diabetes

Na prática, considera-se que entre 6.5% – 8% os diabéticos têm um bom controlo glicémico, mas valores superiores a 8% indicam um mau controlo glicémico [51].

Apesar de ser o método mais fiável para diagnosticar diabetes, quando os valores estão entre 5.7% – 6.5%, é necessário recorrer aos métodos tradicionais para verificar se

corresponde a um estado de pré-diabetes, ou mesmo de diabetes. Um dos métodos utilizados é a medição do nível de glicemia em jejum (*Fasting Plasma Glucose*).

2.4.3 Qualidade de Vida

A qualidade de vida foi definida pelo grupo de Qualidade de Vida da Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization Quality of life group – WHOQOL group*), como sendo “a percepção do indivíduo da sua posição na vida, no contexto da cultura e no sistema de valores nos quais ele vive, e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações” [52]. É um conceito utilizado para fazer referência à saúde em geral, através de um conjunto de características físicas e psicológicas, tendo também em conta fatores externos, como o salário, liberdade e o ambiente do indivíduo, isto porque no caso de doença, diferentes aspetos da vida do paciente são afetados [53].

Há várias formas de avaliar a qualidade de vida relacionada à saúde (HRQoL), sendo que nesta dissertação serão abordados dois métodos: EQ-5D e SF-36.

2.4.3.1 EQ-5D

O Questionário EQ-5D é uma medida genérica do estado de saúde, desenvolvida pelo grupo de investigação internacional, o grupo EuroQol. O principal objetivo deste grupo foi desenvolver um instrumento standard, não específico de doença, para descrever a qualidade de vida relacionada à saúde, de forma a complementar outras medidas de qualidade de vida. O EQ-5D é constituído por duas partes: o questionário e a classificação VAS. A primeira parte consiste num questionário que avalia cinco dimensões, que define a saúde em termos de mobilidade, autocuidado (*self-care*), atividades usuais, dor/desconforto e ansiedade/depressão. Os participantes autoavaliam-se nos diferentes domínios através de uma escala de três níveis (EQ-5D-3L), ou através de cinco níveis (EQ-5D-5L). Na Figura 2.1 está um exemplo do questionário EQ-5D-3L, em que cada dimensão está dividida em três níveis: nenhum problema, alguns problemas e problemas extremos. Na segunda parte, EQ-VAS, o participante autoavalia-se numa escala de 0 – 100, quão bom ou mau é o seu estado de saúde, sendo que 0 corresponde ao “worst imaginable health state” e 100 ao “best imaginable health state”. A informação derivada do questionário dos cinco domínios pode ser convertida numa única classificação sumária, o EQ-5D_{index} [54].

By placing a tick in one box in each group below, please indicate which statements best describe your own health state today.

Mobility
 I have no problems in walking about ☐
 I have some problems in walking about ☐
 I am confined to bed ☐

Self-Care
 I have no problems with self-care ☐
 I have some problems washing or dressing myself ☐
 I am unable to wash or dress myself ☐

Usual activities (e.g. work, study, housework, family or leisure activities)
 I have no problems with performing my usual activities ☐
 I have some problems with performing my usual activities ☐
 I am unable to perform my usual activities ☐

Pain/discomfort
 I have no pain or discomfort ☐
 I have moderate pain or discomfort ☐
 I have extreme pain or discomfort ☐

Anxiety/depression
 I am not anxious or depressed ☐
 I am moderately anxious or depressed ☐
 I am extremely anxious or depressed ☐

To help people say how good or bad a health state is, we have drawn a scale (rather like a thermometer) on which the best state you can imagine is marked 100 and the worst state you can imagine is marked 0.

We would like you to indicate on this scale how good or bad your own health is today, in your opinion. Please do this by drawing a line from the box below to whichever point on the scale indicates how good or bad your health state is today.




Figura 2.1. Questionário EQ-5D-3L (versão original) [54]

2.4.3.2 SF-36

O Questionário SF-36 foi desenvolvido a partir do questionário *Functional Status and Well-Being*, do projeto MOS, designado ao uso de prática e investigação clínica, avaliações de políticas de saúde e questionários gerais de população. Este questionário inclui uma escala de múltiplos itens representativa de oito domínios: função física (PF), desempenho físico (PR), dor (BP), saúde geral (MH), vitalidade (V), função social (SR), desempenho emocional (ER) e saúde mental (MH). Cada um dos oito domínios pode ser agrupado numa das componentes física ou mental. Sendo que a componente física inclui a função física, desempenho físico, dor e saúde geral, e a componente mental inclui a saúde mental, desempenho emocional, função social e vitalidade [55]. Na Figura 2.2 encontra-se um excerto exemplificativo do questionário, na versão portuguesa, incluindo 3 das 11 perguntas totais.

Para as perguntas 1 e 2, por favor coloque um círculo no número que melhor descreve a sua saúde.																																																
1. Em geral, diria que a sua saúde é: <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div>Ótima 1</div> <div>Muito boa 2</div> <div>Boa 3</div> <div>Razoável 4</div> <div>Fraca 5</div> </div>																																																
2. Comparando com o que acontecia há um ano, como descreve o seu estado geral actual: <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div>Muito melhor 1</div> <div>Com algumas melhoras 2</div> <div>Aproximadamente igual 3</div> <div>Um pouco pior 4</div> <div>Muito pior 5</div> </div>																																																
3. As perguntas que se seguem são sobre actividades que executa no seu dia-a-dia. Será que a sua saúde o/a limita nestas actividades? Se sim, quanto? <div style="text-align: right; font-size: small; margin-bottom: 5px;">(Por favor assinale com um círculo um número em cada linha)</div> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; font-size: x-small; margin-bottom: 5px;"> <div style="margin-right: 20px;">Sim, muito limitado/a</div> <div style="margin-right: 20px;">Sim, um pouco limitado/a</div> <div>Não, nada limitado/a</div> </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 20%; text-align: center;">1</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">2</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a. Actividades violentas, tais como correr, levantar pesos, participar em desportos extenuantes.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>b. Actividades moderadas, tais como deslocar uma mesa ou aspirar a casa.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>c. Levantar ou pegar nas compras da mercearia.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>d. Subir vários lanços de escadas.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>e. Subir um lanço de escadas.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>f. Inclinar-se, ajoelhar-se ou baixar-se.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>g. Andar mais de 1 Km.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>h. Andas várias centenas de metros.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>i. Andar uma centena de metros.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>j. Tomar banho ou vestir-se sozinho/a.....</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>						1	2	3	a. Actividades violentas , tais como correr, levantar pesos, participar em desportos extenuantes.....	1	2	3	b. Actividades moderadas , tais como deslocar uma mesa ou aspirar a casa.....	1	2	3	c. Levantar ou pegar nas compras da mercearia.....	1	2	3	d. Subir vários lanços de escadas.....	1	2	3	e. Subir um lanço de escadas.....	1	2	3	f. Inclinar-se, ajoelhar-se ou baixar-se.....	1	2	3	g. Andar mais de 1 Km	1	2	3	h. Andas várias centenas de metros.....	1	2	3	i. Andar uma centena de metros.....	1	2	3	j. Tomar banho ou vestir-se sozinho/a.....	1	2	3
	1	2	3																																													
a. Actividades violentas , tais como correr, levantar pesos, participar em desportos extenuantes.....	1	2	3																																													
b. Actividades moderadas , tais como deslocar uma mesa ou aspirar a casa.....	1	2	3																																													
c. Levantar ou pegar nas compras da mercearia.....	1	2	3																																													
d. Subir vários lanços de escadas.....	1	2	3																																													
e. Subir um lanço de escadas.....	1	2	3																																													
f. Inclinar-se, ajoelhar-se ou baixar-se.....	1	2	3																																													
g. Andar mais de 1 Km	1	2	3																																													
h. Andas várias centenas de metros.....	1	2	3																																													
i. Andar uma centena de metros.....	1	2	3																																													
j. Tomar banho ou vestir-se sozinho/a.....	1	2	3																																													

Figura 2.2. Excerto do Questionário SF-36 (versão portuguesa) [56]

Como analisado ao longo do Capítulo 2, é importante referir que os estudos encontrados na literatura são, na sua maioria, específicos a um determinado tipo de intervenções, o leque de *outcomes* incluído é reduzido e está limitado aos critérios de seleção da população. Em jeito de conclusão desta matéria em questão, os estudos existentes apresentam limitações no que diz respeito à previsão das intervenções de forma combinada. Assim, para combater esta lacuna, é necessário o desenvolvimento de modelos de simulação, que permitam um estudo mais completo e abrangente, incluindo diferentes situações de risco, bem como a combinação de intervenções.



Simulação em Sistemas Complexos

O presente capítulo pretende introduzir a literatura considerada relevante no âmbito dos modelos de simulação, com o objetivo de proporcionar ao leitor os conceitos necessários na área, para uma melhor percepção do problema em estudo. Nesta revisão, será feita uma abordagem aos sistemas complexos, e qual a melhor forma de estudá-los, passando por diferentes métodos de simulação, dando especial importância aos modelos de simulação baseados em agentes, respetivas aplicações na saúde e plataformas de simulação.

3.1 Sistemas Complexos

Em saúde pública, e tudo o que esta implica, existem em abundância sistemas complexos [57]. Estes são caracterizados por serem constituídos por um elevado número de elementos heterogéneos, que interagem entre si, de uma forma não linear. Por conseguinte, as interações produzem um conjunto de efeitos emergentes diferente dos efeitos que seriam produzidos por elementos individuais, sendo que estes efeitos são persistentes ao longo do tempo, e adaptam-se com as diferentes circunstâncias [58].

Consideremos, como exemplo, o sistema nacional de vacinação, que segundo a definição apresentada em cima, é um sistema complexo [59]. Este é constituído por componentes heterogéneas (indivíduos, clínicas, empresas farmacêuticas), que interagem entre si e estão organizadas em diferentes níveis. Certas propriedades deste sistema, como a imunidade, resultam de interações entre as várias componentes. Além disso, o sistema de vacinação existe há muito tempo, mas altera-se com uma mudança de circunstâncias, como a introdução de uma nova vacina no sistema [60].

Assim como o sistema de vacinação, também o problema central desta dissertação é um sistema complexo. Será avaliado o impacto de diferentes intervenções e interações entre os indivíduos, numa população dividida em classes, com diferentes características e comportamentos, cujas interações produzirão uma série de efeitos emergentes, que serão estudados mais à frente.

As características destes sistemas constituem um desafio para o estudo dos mesmos, isto porque sendo um sistema não-linear é difícil de prever, e os efeitos não podem ser simplesmente agregados, e previstos com base no passado. Além disso, a heterogeneidade leva a que as intervenções não funcionem em certos contextos ou subgrupos, e funcionem noutros [61]. Devido ao comportamento emergente dos sistemas, é necessário estudá-los como um todo, e não como partes individuais [62]. Assim, de forma a compreender e solucionar os problemas atuais, é necessário recorrer a modelos de simulação, que permitam estudar a interação complexa entre os elementos do sistema, identificando e caracterizando os mecanismos, que levam a certos comportamentos [63]. Os modelos analíticos tradicionais não têm em conta os efeitos consequentes das interações, não sendo por isso, os modelos de estudo ideais para sistemas complexos [57].

Na próxima Secção 3.2 serão abordados os métodos tradicionais e os métodos de simulação para estudar sistemas complexos, e qual o mais indicado para o caso em estudo.

3.2 Técnicas de Modelação de Sistemas Complexos

Os modelos de análise estatística aplicados em questões de saúde pública são inapropriados para estudar sistemas complexos, uma vez que apenas se focam nos parâmetros individuais de uma interação. Apesar da modelação estatística poder ser usada para avaliar as relações entre objetos, foca-se mais nas relações correlacionais entre as variáveis. No entanto, para modelar sistemas complexos é necessário focar na interação entre os agentes do sistema [64]. Mesmo as técnicas analíticas mais sofisticadas de análise estatística, como os modelos de equação estrutural ou análises de classes latentes, designados a testar relações complexas, não o conseguem fazer em casos de não-linearidade [57]. Os modelos de estatística tradicionais assumem relações lineares, nas quais alterações em variáveis dependentes são proporcionais a alterações nas variáveis independentes. No entanto, sistemas complexos são caracterizados pela não-linearidade e por comportamentos caracterizados pela teoria do caos [65]. São também sistemas dinâmicos,

que se alteram ao longo do tempo, sendo que esta última característica é particularmente estudada por modelos de simulação baseados em agentes[66], como será analisado mais à frente. A análise anterior sugere que os métodos analíticos tradicionais são insuficientes e limitados para estudar sistemas complexos, na medida em que são menos práticos, tornando o estudo mais difícil.

De entre os mais diversos métodos, existem quatro, mais frequentemente utilizados, que permitem estudar sistemas complexos: dinâmica de sistemas (*System Dynamics* – SD), simulação de eventos discretos (DES – Discrete Event Simulation), análise de redes (*Network Analysis* – NA) e modelação baseada em agentes (*Agent-Based Modeling* – ABM).

O método SD usa simulação computacional para estudar as fontes endógenas dos comportamentos em sistemas complexos. O sistema é modelado através de três componentes: *stocks* (variáveis da população que se alteram ao longo do tempo), *flows* (valores de alteração dos *stocks*) e feedback-loops (que conectam *stocks* e *flows*) [67]. O objetivo de SD é criar modelos representativos da complexidade de agregados, e desta forma demonstrar, por exemplo, o impacto de diferentes políticas ou estratégias de intervenção [11]. No entanto não permite o estudo detalhado a nível individual, nem tem em conta a capacidade de adaptação do ator, a presença de extensas características heterógenas ou comportamentos emergentes [67].

O método DES simula os comportamentos e performance de um processo de vida real ou sistema. Esta técnica modela o sistema como uma série de eventos, que ocorrem ao longo do tempo, como por exemplo, a circulação de participantes numa unidade de saúde ou estudo do atendimento e gestão de filas. Neste sistema, os indivíduos são modelados como entidades independentes, aos quais estão associadas determinadas informações, que se alteram ao longo do tempo. No entanto este método não assume alterações no sistema entre os diferentes eventos [68].

O método NA é um método de investigação e paradigma científico que se foca nas relações entre conjuntos de atores. Os atores podem ser qualquer tipo de entidades que tenham relações ou vínculos com outras entidades. É uma medida de análise das relações e fluxos entre pessoas, organizações e outras entidades de processamento de informação [57]. Este método tem sido utilizado em diferentes áreas da ciência, como o estudo de redes terroristas [69], estrutura da Internet [70], funcionamento do cérebro [71], divisões políticas e sociais da sociedade moderna [72] e transmissão de doenças [73].

A técnica de ABM usa simulação computacional para estudar sistemas complexos, a partir do zero, examinando como cada elemento individual, o agente, se comporta em função das suas propriedades, do ambiente que o rodeia, e das interações com os outros agentes, ao longo do tempo [74].

Os métodos ABM e NA são os mais adequados para estudarem e descreverem as interações entre as diferentes entidades, de forma individual ou em conjunto, comparativamente com o método SD. No entanto, para testar as diferentes intervenções, e as suas alterações ao longo do tempo, o método ABM é mais adequado [75]. Em particular, para analisar o impacto da combinação de intervenções não é necessária uma função específica, que estime o efeito combinado, pois neste tipo de simulação o efeito pode ser determinado com base na combinação das intervenções individuais. A utilização dos outros métodos necessita de uma função que represente cada situação [76][77]. As propriedades do sistema ABM serão demonstradas em mais detalhe na secção seguinte.

3.3 Modelação Baseada em Agentes

O método ABM é uma abordagem relativamente recente de simulações computacionais, que integram as características e regras de cada agente individual, e consequentemente geram um historial dinâmico, revelando as propriedades e comportamentos do sistema [78] .

É um método utilizado para testar situações de vida real, onde existam um elevado número de interações entre agentes e variáveis [66]. O desenvolvimento de modelos de simulação baseados em agentes (ABMS) permite fazer uma previsão do futuro, experimentando diversas ideias e testando diferentes cenários de vida real, num ambiente seguro, através da modelação dos comportamentos dos agentes [79]. É, por isso, um laboratório computacional para políticas interventivas, na medida em que os investigadores podem sistematicamente explorar os potenciais impactos de cada intervenção. Estes modelos permitem construir teorias e gerar hipóteses, identificando os mecanismos de interesse [61].

Esta técnica de modelação tem sido aplicada nas mais diversas áreas, para descrever propriedades emergentes dos sistemas [80]. Por exemplo, em antropologia, permitiu o estudo dos padrões organizacionais numa sociedade pré-histórica no Peru e Bolívia [81]. Em ecologia, permitiu estudar a interação predador-presa entre diversos animais [82]. No estudo do controlo de tráfico aéreo permitiu a análise de políticas de

controle e eficiência aérea [83]. Em ciências políticas, foi desenvolvido um modelo que permite testar várias realidades políticas, prevenindo crises e testando diferentes ligações com países [84]. Em economia, foram desenvolvidos modelos que permitem testar diferentes sistemas económicos [85][86].

Outra área de estudo tem sido o marketing, este é caracterizado por fenómenos emergentes e complexos, resultantes da interação entre diversos agentes (por exemplo, consumidores, vendedores, distribuidores), cujas motivações e ações se combinam, originando padrões surpreendentes, mesmo a partir de simples comportamentos. Adicionalmente, estes padrões resultantes afetam as decisões dos agentes. Por exemplo, os consumidores tomam decisões, frequentemente, com base nos conselhos dos amigos ou por influência das redes sociais, isto afeta a difusão dos produtos e influencia o domínio da marca no mercado. Por outro lado, a marca dominante também afeta a decisão do indivíduo na hora da compra. O método ABM é uma ferramenta que permite a análise destes padrões complexos, como a difusão de novos produtos/serviços no mercado [87], o comportamento dos consumidores [88], ou a adoção de políticas inovadoras [89].

Na Figura 3.1 encontra-se um exemplo de representação da interação entre os agentes e o meio circundante.

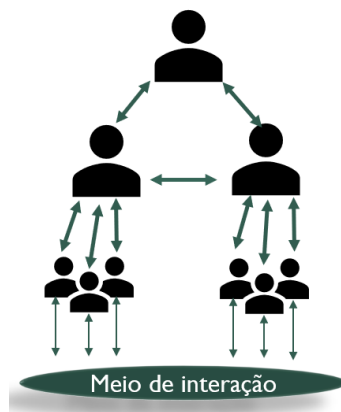


Figura 3.1. Esquema exemplificativo da interação entre os agentes e o meio envolvente

Num sistema ABM, um agente é definido como uma entidade autónoma, capaz de realizar uma ação ou processo sem necessidade de uma intervenção externa. Este apresenta a capacidade de perceção e resposta às alterações no ambiente circundante. Um agente é, por isso, caracterizado por ter capacidades intelectuais, como raciocínio, aprendizagem e planeamento. Esta entidade permite a distinção dos modelos de simulação baseados em agentes, dos restantes modelos, pois os agentes conseguem fazer

deliberações durante um processo de decisão ou resolução de conflito [76][90]. Na Tabela 3.1 encontram-se resumidas algumas características dos agentes e do sistema ABM.

Tabela 3.1. Propriedades do sistema ABM e dos agentes [91]

Propriedades	Definição
Heterogeneidade	Os agentes diferem uns dos outros nas características e comportamentos.
Espacial	Os agentes podem estar definidos em regiões geográficas específicas.
Interatividade	Os agentes podem interagir localmente entre si, e com o ambiente em redor.
Dinamismo	Os modelos alteram-se de forma não-linear e exibem um desequilíbrio com base nos agentes e nas suas características

De um modo geral, a modelação e simulação baseada em agentes (ABMS) consiste em três principais componentes [76]:

- 1) os agentes, as suas características e comportamentos;
- 2) as interações entre os diferentes agentes e as consequências dessas interações;
- 3) o ambiente em que os agentes estão inseridos.

3.3.1 Modelação Baseada em Agentes na Saúde

O método ABM pode ser aplicado na medicina e saúde pública. Em particular, o sucesso desta técnica saúde reside no estudo de epidemias [92], doenças infecciosas e transmissão de doenças em múltiplas escalas, desde comunidades individuais, a pandemias globais [93]. Recentemente, estes modelos começaram a ser utilizados no estudo de estilos de vida (consumo alcoólico e tabaco) [94][57]. Permitindo estudar que mecanismos influenciam a saúde, como um laboratório de simulações, onde diferentes tipos de intervenções, programas e políticas de saúde podem ser testados[95]. É, no geral, um

sistema de apoio à decisão médica e uma ferramenta inovadora para estudos epidemiológicos [92].

Em particular, a técnica de modelação baseada em agentes diferencia-se porque, ao contrário dos modelos tradicionais, esta tem em conta determinadas situações como: os comportamentos de risco que contribuem para uma futura progressão de doença; comportamentos adaptáveis (por exemplo, um agente pode alterar um determinado comportamento de risco com base no estado do sistema) e efeitos contextuais (por exemplo o estado de saúde de um indivíduo é afetado por situações financeiras, sociais e culturais) [96].

Aplicado num contexto de saúde, os agentes podem representar indivíduos que [90]:

- a) apresentam características demográficas heterogéneas (exemplo: idade, sexo, etnia) e comportamentos/hábitos (fumar, beber, exercício físico);
- b) apresentam uma evolução de condições de saúde endógenas (exemplo: pressão arterial alta, diabetes tipo 2), e interações exógenas (exemplo: transmissão de doenças infecciosas);
- c) vivem em certas localizações geográficas e partilham determinados ambientes.

Assim, através de modelação e simulação baseada em agentes, podem ser feitos estudos e previsões contrafatuais do impacto de intervenções em determinadas populações, no mesmo ambiente e espaço físico. Os resultados simulados possibilitam a identificação de efeitos causais entre os fatores de risco e as suas implicações na saúde [90].

Um dos grandes focos de investigação na saúde, com recurso a modelos de simulação de agentes, tem sido as urgências [97], na tentativa de desenvolver estratégias que reduzam os tempos de espera e sobrelotação das mesmas. Estudos indicam que os longos tempos de espera estão associados à incompatibilidade entre os recursos de saúde e a sua procura [98], isto leva à insatisfação do paciente e aumenta a probabilidade destes saírem sem tratamento [99]. Hutzschenreuter *et al.* [100] apresentaram uma simulação baseada em agentes para a avaliação dos horários de admissão dos participantes nas urgências, e desta forma fazer uma utilização eficiente dos recursos do hospital, através de uma melhor combinação dos mesmos.

Com o desenvolvimento da população e aumento de doenças crónicas, não só os departamentos de saúde, como as urgências, necessitam de respostas e soluções. Os sistemas ABMS têm sido aplicados noutras situações, como no estudo de doenças

infeciosas e doenças crônicas. O percurso de transmissão destas doenças é resultado da interação entre a biologia, ambiente e sociedade. Assim, é possível modelar esta transmissão em diferentes escalas, e analisar o impacto de intervenções alternativas [57]. Lee *et al.* [101] modelaram políticas de alocação de vacinas perante uma epidemia de H1NI, de forma a examinar o impacto de recomendações em indivíduos de alto risco e crianças infectadas, perante uma oferta reduzida de vacinas. Este modelo compara o efeito entre hospitalizações, custos e escalas de contágio.

Alterar certos comportamentos de risco como, o controlo de tabaco e consumo de bebidas alcoólicas, é um dos maiores desafios da saúde pública, tendo em conta que, o consumo tabágico é uma das maiores causas de morte em todo o mundo, que podem ser prevenidas [102]. O grupo de ABM, no instituto de Brookings, começou a desenvolver modelos de agentes para políticas de tabaco e comportamento tabagista [103]. Estes métodos ainda não foram adotados nem experimentados, no entanto, modelos baseados em agentes são abordagens ideais para estudar os efeitos de diferentes políticas, uma vez que pequenas alterações podem ter enormes consequências na economia, emprego, sistemas políticos, custos e disparidades na saúde [104].

Este método também tem sido aplicados no estudo da obesidade [95], com o intuito de avaliar o impacto das interações dinâmicas em componentes causais. Estudos recentes exploram as determinantes de estilos de vida (por exemplo, andar a pé) versus determinantes ambientais e socioeconómicas na obesidade. Hammond e Epstein [105] desenvolveram um modelo baseado em agentes, que explica as diferentes determinantes ambientais e sociais no aumento da obesidade, através da avaliação de comportamentos dos indivíduos no contexto da dieta, exercício físico e influências sociais. Este modelo inclui o impacto da atividade física, a interação entre estados fisiológicos e opções nutricionais, e ainda a influência social e o impacto dos media. Especificamente, os autores explicam que fatores estão relacionados com a dificuldade em seguir uma dieta, as altas percentagens de reincidência no aumento de peso, após uma intervenção nutricional, e qual o programa de dieta ideal, com base no perfil individual de cada participante. O modelo necessita de validação, no entanto os autores concluem que os modelos que integram fatores sociais, económicos e fisiológicos, fornecem minuciosas explicações na dinâmica da obesidade, que poderão ser úteis para a criação de futuras medidas de intervenção.

Nianogo *et al.* [106] desenvolveram uma revisão sistemática da aplicação de modelação baseada em agentes no estudo de doenças crónicas. Esta investigação concluiu, e destacou a importância de usar estes modelos no apoio à decisão de intervenções em

saúde pública, como forma de prevenção e diminuição da carga destas doenças na população.

Li *et al.* [107][108] utilizaram a simulação de agentes para modelar doenças cardiovasculares e avaliar o impacto de intervenções nos estilos de vida, como por exemplo, deixar de fumar, aumentar a atividade física, promover uma dieta saudável e reduzir o peso. Neste modelo, cada agente representava uma pessoa, e era caracterizado por: sete comportamentos ou fatores de saúde (colesterol, pressão arterial, peso, atividade física, uso de tabaco, etc.), idade, sexo e historial de doenças cardiovasculares (exemplo: enfarte). Com a progressão do tempo, os comportamentos e características de saúde do agente interagem e alteram-se simultaneamente. Este estudo concluiu que intervenções de prevenção podem ter diferentes efeitos nas populações com diferentes localizações geográficas. Assim, é necessário que os departamentos de saúde tenham em atenção as características da população e os perfis de saúde, antes de qualquer intervenção.

É importante salientar que ainda não foram desenvolvidos modelos de simulação baseados em agentes, para situações de multimorbilidade, ou mais especificamente, modelos que analisem o impacto combinado de intervenções para promover estilos de vida saudáveis, numa população mista saudável e com multimorbilidade. Os modelos anteriormente referidos, apenas modelavam uma única doença ou a sua respetiva intervenção, numa população específica [90].

Tendo isto em consideração, a utilização de modelos de simulação baseados em agentes é adequada para avaliar o impacto de diferentes intervenções nos *outcomes* em causa, bem como estudar qual a melhor combinação de intervenções, tendo em conta a população europeia e a respetiva carga de doenças crónicas. É uma investigação inovadora, uma vez que engloba situações de multimorbilidade, e analisa o impacto combinado e em simultâneo de diferentes intervenções, como se de um laboratório se tratasse, sem quaisquer consequências.

Além disso, a aplicação da técnica de ABM é altamente complexa. Requer um estudo prévio para o desenvolvimento do modelo teórico, é necessária uma análise da literatura existente para estimar as funções de influência, e por último, as funções são implementadas e estruturadas no código de programação, do modelo de simulação.

3.3.2 Desenvolvimento de um Modelo Baseado em Agentes

Em geral, construir um modelo de agentes é acompanhado por 4 passos: (1) verificar se o sistema de ABM é apropriado para estudar a situação em questão; (2) desenhar o modelo; (3) construir o modelo; e (4) verificar e validar o modelo.

O passo 2 é crucial, na medida em que é necessário compreender o problema de investigação, identificar as classes de agentes, bem como as respetivas características e comportamentos de cada classe, e o ambiente (físico, social ou conceptual), uma vez que este define o tipo de interação entre os agentes. É necessário identificar os *inputs* e *outputs*, ou seja, as variáveis independentes que vão provocar alterações nos *outcomes*, e o tempo de inicialização do modelo e de interação entre os agentes. Quando o modelo estiver construído no software de simulação é necessário verificar e validar o mesmo. A verificação é necessária para determinar se o modelo está corretamente implementado, para isso, as diferentes funcionalidades do modelo são testadas, e o código é analisado. Adicionalmente, a validação determina quão bem o modelo de simulação construído corresponde à realidade, ou seja, se é uma representação útil do sistema real. Só depois destes dois últimos processos é que o modelo estará pronto para ser usado como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão [76].

3.3.3 Plataformas de Simulação de Agentes

As primeiras plataformas de simulação surgiram no fim dos anos 90, algumas foram abandonadas, e outras foram substituídas por novas versões. O variado leque de diferentes plataformas leva a um maior grau de heterogeneidade, possibilitando ao utilizador uma escolha baseada nas necessidades de cada modelo [109]. De entre as mais variadas plataformas, as mais utilizadas são Swarm [110], Repast [111], MASON [112] e Netlogo [12].

A plataforma Swarm foi a primeira ferramenta criada para modelos de simulação de agentes, foi especificamente projetada para aplicações de vida artificial e estudos de complexidade. Originalmente foi escrita na linguagem Objective-C, e posteriormente desenvolvida para Java [113]. Este software permite ao utilizador descrever os agentes, um a um, bem como os respetivos comportamentos e contextos, construindo as diferentes categorias. No entanto, a sua execução é lenta, e apresenta incompatibilidades entre características-chave do Swarm e linguagem Java [114].

O software Repast foi inicialmente desenvolvido para ciências sociais, tornando-se mais intuitivo e eficiente para os seus utilizadores criarem modelos. Permite múltiplas implementações em diferentes linguagens, sendo caracterizado por ser em *open source*. Apesar de desenvolvido para ser mais simples, alguns elementos básicos estão incompletos ou mal estruturados. Por outro lado, o MASON foi desenvolvido como uma alternativa mais pequena e rápida ao Repast, com um claro foco nas capacidades computacionais de modelação, permitindo a execução de vários comandos nos agentes e respectivas interações, maximizando a eficiência e resposta da interface de simulação. No entanto, ambos têm uma programação complicada para iniciantes, e documentação incompleta [113][115].

Nesta dissertação, o modelo de simulação será desenvolvido no software NetLogo. Este foi desenvolvido pelo CCL (*Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling*), na Universidade Northwestern, em 1999. O NetLogo é uma linguagem de programação de multiagentes, e uma plataforma que permite simular fenómenos complexos naturais e sociais. Esta ferramenta permite a exploração de fenómenos emergentes, e foi desenvolvido para um tipo de modelo em particular: agentes móveis, *turtles*, que interagem entre si, num ambiente específico, *patches*, e cujos comportamentos são influenciados por interações locais. Este software tem uma biblioteca com os mais variados modelos, incluindo economia, biologia, física, química, psicologia e dinâmica de sistemas. É possível criar modelos do zero, como também modificar os modelos existentes na biblioteca. É uma plataforma de alto nível que permite modelar e dar instruções a centenas ou milhares de agentes independentes, permitindo que estes interajam entre si. Assim, é possível analisar as interações entre os comportamentos dos agentes e os padrões consequentes dessas interações [12].

O NetLogo permite aos seus utilizadores explorar as simulações através da modelação de comportamentos em diferentes situações. Apesar de ser uma plataforma de alto nível que permite a criação de modelos altamente complexos, utiliza uma linguagem de programação simples. Sendo adequado para alunos e investigadores criarem os seus próprios modelos, mesmo não tendo *background* avançado de programação [12][113].

Este software distingue-se dos outros modelos, pois apesar de ter uma linguagem de programação mais simples, não restringe as suas capacidades de programação nem limita a construção de um modelo, e apresenta uma excelente documentação. Além disso, como referido anteriormente, tem uma biblioteca com diversos modelos, é uma plataforma muito completa, apresentando uma interface de fácil utilização, intuitiva e profissional.

4

Desenvolvimento do Modelo

No presente capítulo, será apresentado o desenvolvimento de toda a metodologia, desde a construção do modelo, à respetiva implementação. Numa primeira fase é explicado o modelo teórico, de seguida são apresentados os estudos com as evidências às funções de influência, e por último é apresentado o modelo de simulação, com a caracterização da população, funções introduzidas e explicação da interface do programa.

4.1 Modelo Teórico

O modelo teórico foi desenvolvido com o apoio de duas especialistas na área de epidemiologia: Professora Doutora Helena Canhão e Dra. Ana Rodrigues, ambas investigadoras no instituto CEDOC, na unidade de epidemiologia de doenças crónicas (Epi-Doc); e com dois especialistas na área de modelação de agentes, ambos professores no departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, na Faculdade de Ciências e Tecnologia: Professor Doutor António Grilo e Professor Doutor Izunildo Fernandes Cabral.

Na primeira reunião com a equipa, foi definido o objetivo da investigação, bem como definidas as variáveis e os *outcomes* do estudo. Num total de três reuniões, o modelo foi ajustado e modificado até estar dentro dos parâmetros requeridos pelos experts da matéria.

O modelo proposto será uma ferramenta para avaliar o impacto individual ou combinado das variáveis, representadas por intervenções, no IMC, no valor da HbA1c, e na HRQoL (Tabela 4.1).

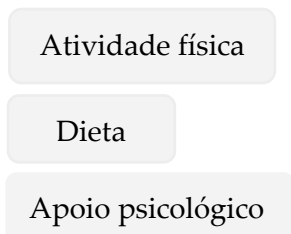
Tabela 4.1. Representação das variáveis e dos *outcomes* do estudo

VARIÁVEIS	OUTCOMES
Dieta	Índice de massa corporal (IMC)
Atividade física	Hemoglobina glicada A1C (HbA1c)
Apoio psicológico	Qualidade de vida

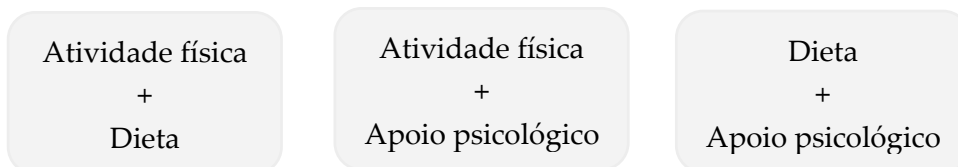
4.1.1 Planos de Intervenção

Esta ferramenta irá procurar determinar qual o plano de intervenção mais adequado, tendo em conta o impacto nos *outcomes*. Assim, a influência da intervenção será avaliada a nível individual, com apenas uma variável (atividade física ou dieta ou apoio psicológico); a pares, com duas variáveis em simultâneo (atividade física + dieta, atividade física + apoio psicológico e dieta + apoio psicológico); por último, é avaliado o impacto a nível global, com a combinação das três intervenções.

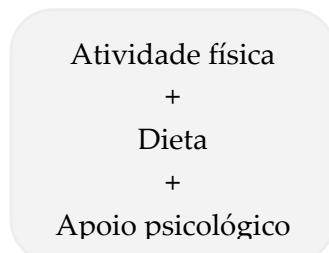
A) Plano de intervenção com uma variável:



B) Plano de intervenção com duas variáveis:



C) Plano de intervenção com três variáveis:



4.1.2 Estratégias de Intervenção

Como meio de difusão das intervenções, o modelo terá em conta intervenções *face-to-face*, e através da televisão e da Internet (redes sociais, páginas oficiais, etc.). Cada plano de intervenção diferente irá corresponder a um tipo de simulação. Ou seja, iremos ter diferentes cenários de simulações, um para cada plano (uma, duas ou três variáveis) e estratégia de difusão (*face-to-face*, TV, Internet). Por exemplo, simulação 1: TV → Atividade física. Os diferentes cenários de simulação estão exemplificados na Tabelas 4.2.

O ponto de partida do modelo é o comparador, em que não há uma campanha específica de intervenção. O indivíduo é apenas influenciado pelas visitas médicas, levando a alterações de estilos de vida. Para qualquer situação, com ou sem programa de intervenção, é necessário ter em conta o efeito residual da TV e Internet, que os participantes estão sujeitos diariamente. Isto porque, mesmo inconscientemente, os indivíduos são influenciados por campanhas de publicidade, programas de TV, publicações na Internet, etc.

Tabela 4.2. Plano de intervenção *face-to-face*/ TV/Internet

Face-to-face/TV/Internet		
1 variável	2 variáveis	3 variáveis
Atividade física	Atividade física + Dieta	Atividade física
Dieta	Atividade física + Apoio psicológico	+ Dieta + Apoio psicológico
Apoio psicológico	Dieta + Apoio psicológico	

**+ Efeito residual
TV e Internet**

Para a realização das simulações e introdução das variáveis no programa é necessário determinar as funções de comportamento dos participantes, ou seja, determinar qual a influência de cada intervenção nos *outcomes* dos indivíduos. Este processo será abordado na Secção 4.2.

4.1.3 Características do Modelo

O modelo é constituído por agentes, pelo ambiente circundante e respetivas interações. Existem dois tipos de agentes, os promotores de saúde e os participantes. Os primeiros são representados pelos intervencionistas (nutricionista, personal trainer (PT) e psicólogo); e os participantes dividem-se em participantes com condições crónicas ou indivíduos saudáveis.

O participante está em constante interação com os intervencionistas e com o meio social envolvente, como os seus familiares, amigos e ambiente circundante (Figura 4.1).



Figura 4.1. Esquema representativo de uma interação ao nível de um indivíduo

É esperada uma alteração de comportamento, e consequentemente, uma modificação de características relativas aos participantes, consoante as diferentes intervenções.

É importante referir a diferença entre as variáveis do modelo, dos atributos dos agentes. Neste caso, as variáveis são apenas a atividade física, a dieta e o apoio psicológico. Isto porque, apenas queremos medir o impacto direto destas três variáveis nos *outcomes*. Por outro lado, os atributos serão o conjunto das características e comportamentos que definem cada indivíduo.

4.2 Evidências para as Funções de Influência

Uma vez definida a população-alvo (indivíduos com idade ≥ 18 anos), foi efetuada uma revisão da literatura, com o objetivo de determinar as funções de influência. Assim, os parâmetros de pesquisa foram investigados individualmente, para determinar o impacto de cada intervenção nos *outcomes*, como representado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Esquema de pesquisa para determinar as funções de influência de cada intervenção

Intervenção		Outcome
Dieta		IMC HbA1c Qualidade de Vida
Atividade física		
Apoio Psicológico		
Combinação de intervenções (e.g. dieta + atividade física)		
Intervenção TV/Internet	Dieta	
	Atividade física	
	Apoio Psicológico	
Efeito residual TV/Internet		Alteração de estilos de vida

4.2.1 Impacto do Exercício Físico no IMC

Slentz *et al.* [116] efetuaram um estudo randomizado controlado para determinar os efeitos de diferentes intensidades e tipos de treino físico, na composição corporal, numa população mista de 182 sujeitos, residentes em Durham. Os critérios de seleção incluíam indivíduos com uma idade compreendida entre os 40 e os 65 anos, sedentários, com excesso de peso (IMC entre 25 e 35 Kg/m^2), com alterações no colesterol (HDL < 40 mg/dL e LDL = [3.4 – 4.9 mmol/L]), não diabéticos e não hipertensos. Os sujeitos foram atribuídos a um dos três grupos de intervenção ou ao grupo de controlo. Os grupos de intervenção dividiam-se em: (1) *High amount/vigorous intensity* (32 km/semana, e o índice de volume de oxigénio máximo (VO_2) compreendido entre 65%–80%, (2) *low amount/vigorous intensity* (19.2 km/semana e $VO_2 = 65\% - 80\%$) e (3) *low amount/moderate intensity* (19.2 km/semana e $VO_2 = 40\% - 55\%$). A intervenção começou com um período inicial de 2 a 3 meses, onde houve um aumento gradual da duração e intensidade dos exercícios, até ser alcançado a prescrição inicial, que se manteve por um período adicional de 6 meses.

De todos os *outcomes* avaliados neste estudo, apenas o IMC interessa para o assunto em questão. Na Tabela 4.4 encontram-se os resultados obtidos para o IMC, sendo possível analisar que o grupo *High amount/vigorous intensity* obteve os melhores resultados de variação de IMC, com uma perda de $3.5 \pm 2.8 \text{ Kg/m}^2$. No grupo *low amount/vigorous intensity* houve uma perda de $1.1 \pm 2.0 \text{ Kg/m}^2$, e por último, no grupo *low amount/moderate intensity* houve uma perda de $1.3 \pm 2.2 \text{ Kg/m}^2$.

Tabela 4.4. Valores iniciais e finais do outcome peso nos diferentes programas

	High amount/vigorous intensity		Low amount/vigorous intensity		Low amount/moderate intensity	
	Baseline	Alteração	Baseline	Alteração	Baseline	Alteração
Peso	85.6 ± 11.5	-3.5 ± 2.8	88.0 ± 14.0	-1.1 ± 2.0	88.7 ± 17.3	-1.3 ± 2.2

A investigação concluiu que há uma relação direta entre a atividade física semanal e a consequente perda de peso, levando a alterações no IMC, e nas medidas corporais. Isto suporta a hipótese de que apenas é necessária uma quantidade mínima de exercício físico, para um controlo de peso apropriado. De acordo com os resultados, seria apenas necessário andar 9.6 km por semana. Assim, não só é possível perder peso, como prevenir o ganho de peso, mesmo sem alterações na dieta.

Tendo em conta que no presente cenário, apenas se quer obter a influência do exercício físico no IMC, assumindo que a redução no IMC segue uma distribuição normal, $\Delta \text{IMC} \sim N(\mu, \sigma^2)$, e tendo em conta os resultados obtidos para o grupo *low amount/moderate intensity*, uma vez que é a intervenção intermédia, obtemos a seguinte influência para a intervenção da atividade física:

$$\Delta \text{IMC} \sim N(-1.3, 2.2^2).$$

4.2.2 Impacto do Exercício Físico na HbA1c

Boulé *et al.* [117] realizaram uma meta-análise de controlos clínicos, com o objetivo de quantificar o efeito de exercício físico na HbA1c e no IMC, em participantes com diabetes tipo 2. Este grupo de investigação incluiu 14 estudos, 12 de treinos aeróbicos e 2 de treinos de resistência, com uma duração mínima de 8 semanas. Os estudos incluídos são da Austrália, Japão, EUA, Canadá e Europa. Num total de 504 participantes, a média de idades corresponde a 55.0 ± 7.2 anos. As intervenções de exercício físico

incluem normalmente 3 sessões por semana, com uma duração média 53 ± 17 minutos, durante 18 ± 15 semanas. As intervenções aeróbicas incluídas correspondem a ciclismo e andar a pé. Os resultados mostram uma redução de 0.66% na HbA1c, no grupo de exercício físico (7.65%), em relação ao grupo de controlo (8.31%). Relativamente ao IMC e ao peso, não foram obtidos resultados significativos.

Esta análise reforça que a redução de complicações cardiovasculares pode ser antecipada com atividade física, em substituição à medicação, uma vez que ao contrário desta, o exercício está também associado a outros benefícios cardiovasculares. Além disso, o estudo concluiu que para a intervenção ter impacto no controlo glicémico não precisa necessariamente de haver alterações no peso corporal. A atividade física diminui a resistência da insulina muscular e hepática, e aumenta a taxa de eliminação de glicose através de mecanismos que não estão diretamente associados com alterações no peso.

Assumindo que a redução do valor da hemoglobina glicada toma o valor constante de -0.66%, podemos aproximar que independentemente do valor da *baseline*, quando o indivíduo faz o programa de exercício físico perde 0.66% do valor inicial de HbA1c.

4.2.3 Impacto da Dieta na Incidência de Diabetes

Salas-Salvadó *et al.* [118] desenvolveram um estudo clínico randomizado em 418 sujeitos, com o objetivo de avaliar o impacto da nutrição na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes e outras doenças crónicas. O critério de seleção incluiu: homens e mulheres com idades compreendidas entre os 55-80 e 60-80, respetivamente, sem antecedentes históricos de doenças cardiovasculares, mas com a presença de três fatores de risco, como hipertensão, fumar, excesso de peso ($\text{IMC} \geq 25 \text{ Kg/m}^2$) e historial familiar de doenças cardiovasculares prematuras (≤ 55 anos em homens e ≤ 60 em mulheres). Presença de diabetes e $\text{IMC} \geq 40 \text{ Kg/m}^2$ foram os principais fatores de exclusão. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente a um dos três grupos: (1) *MedDiet – extra virgin olive oil*, (2) *MedDiet – mixed nuts* ou (3) ao grupo de controlo *Low fat-diet*. Em ambos os grupos de intervenção *MedDiet*, as instruções foram direcionadas para uma alimentação rica em frutas e vegetais, com um aumento do consumo de peixe e redução de carnes vermelhas, evitando os açúcares e alimentos processados. No grupo de *low fat-diet*, os candidatos receberam recomendações para reduzir todos os tipos de gorduras,

animais e vegetais, mas sem restrições alimentares. Nos três grupos foram realizadas sessões individuais e de grupo, com o objetivo de partilhar os planos de dietas e receitas.

Ao fim de um período de *follow-up* de 4 anos, 10.1% dos indivíduos no grupo *olive oil*, desenvolveram diabetes, e 11.0% no grupo *mixed nuts*, e 17.9% no controlo. Assim, concluíram que a incidência de diabetes foi reduzida para 51% no grupo *MedDiet (olive oil)* e para 52% no grupo *MedDiet (mixed nuts)*, quando comparado com o controlo. Os resultados deste estudo mostram e apoiam que intervenções na dieta reduzem a incidência de diabetes em indivíduos em risco.

4.2.4 Impacto da Dieta na HbA1c

Parker *et al.* [119] desenvolveram um estudo para investigar o efeito de MNT (*Medical Nutrition Therapy*) em indivíduos com excesso de peso ($IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$), e pré-diabetes, e qual o seu impacto na HbA1c e no risco de desenvolver diabetes. A MNT consiste numa abordagem terapêutica para tratar diagnósticos ou respetivos sintomas, com base numa dieta ajustada.

Assim, foram selecionados 120 adultos (≥ 18 anos), residentes em Anaheim, na Califórnia, dos quais apenas 76 completaram o estudo. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: MNT ou *usual care*. No grupo *usual care*, os participantes fizeram uma avaliação inicial e voltaram após 12 semanas para uma sessão final. Os participantes no grupo MNT receberam 4 sessões de tratamento, uma inicial de 60 minutos e três de *follow-up*, de 30-45 minutos, dadas pela nutricionista, com o objetivo de promover uma alimentação saudável e prática de exercício físico.

Após as 12 semanas de intervenção, os resultados mostraram que os indivíduos no grupo MNT obtiveram melhores resultados de HbA1c, comparativamente com os resultados do grupo de *usual care*. Ao nível do outcomes da hemoglobina glicada, houve uma redução de 5.99% para 5.79% no grupo MNT, enquanto que no segundo grupo houve um aumento de 0.05% (Tabela 4.5). Quanto ao grau de risco de diabetes, o grupo MNT teve uma diminuição de 17.54 ± 3.69 para 15.31 ± 3.79 e o grupo de *usual care* teve uma redução mínima de 17.23 ± 4.69 para 16.83 ± 4.73 , apesar do risco permanecer alto nos dois grupos, houve uma interação significativa nos grupos.

Tabela 4.5. Valores iniciais e finais da HbA1c nos programas Usual Care e MNT

	USUAL CARE		MNT	
	Baseline	Alteração	Baseline	Alteração
HbA1C (%)	5.95 ± 0.47	0.05 ± 0.36	5.99 ± 0.56	-0.19 ± 0.41

Tendo em conta que dos *outcomes* apresentados, apenas a HbA1c é necessária para o presente estudo. É possível concluir que, se uma amostra de população, com as mesmas características da população do estudo, for submetida a um programa de dieta, e assumindo que a diferença entre o valor da *baseline* e o final corresponde a um decréscimo, e segue uma distribuição normal, obtemos a seguinte influência:

$$\Delta HbA1c \sim N(-0.19, 0.41^2).$$

4.2.5 Impacto do Apoio Psicológico na HbA1c

Pibernik-Okanovic *et al.* [120] efetuaram um estudo com o objetivo de determinar o impacto de uma intervenção psicossocial na qualidade de vida e no controlo glicémico de participantes com diabetes tipo 2, seguidos num centro universitário clínico, na croácia. Para além disso, o critério de inclusão, incluía participantes com mau controlo glicémico (HbA1c > 8.5% durante o último ano) e com uma idade igual ou inferior a 60 anos. Foram selecionados 108 participantes, dos quais 73 foram divididos em oito grupos de intervenção, e 35 foram para o grupo de controlo. A intervenção teve a duração de 6 semanas, e consistia em 6 sessões de pequenos grupos, com duração de 60-90 Mins. As sessões, sempre orientadas por um psicólogo, basearam-se em discursos motivacionais, de forma a ensinar como alcançar objetivos, lidar com o stress diário, capacidade de resolver problemas e procurar apoio psicológico. O grupo de controlo não teve qualquer tipo de intervenção, apenas foi recrutado aquando da consulta médica no centro universitário.

Os resultados foram medidos após a intervenção, e novamente ao fim de um período de *follow-up* de 3 e 6 meses. A qualidade de vida foi medida pelo questionário WHOQoL-BREF, constituído por 26 questões genéricas sobre domínios físicos, psicológicos, sociais e ambientais da qualidade de vida. Os participantes responderam em formato de escala de 1 – 5, sendo que o 5 correspondia ao máximo de qualidade de vida. O controlo glicémico foi avaliado pela HbA1c, pelo facto de ser uma medida representativa a longo prazo.

Os resultados do estudo mostram que os participantes, no grupo de intervenção, melhoraram a qualidade de vida nos domínios psicológicos e sociais. O controlo glicémico também melhorou, e manteve-se até aos períodos de *follow-up* de 3 e 6 meses. Mesmo continuando na categoria de mau controlo glicémico, houve uma diminuição de 0.69% no valor da HbA1c, o que é considerado clinicamente relevante (Tabela 4.6). No grupo de controlo não foram registadas diferenças significativas, quanto à qualidade de vida.

Tabela 4.6. Dados da HbA1c e da qualidade de vida na Baseline e no fim da intervenção nos grupos de controlo e intervenção

	GRUPO CONTROLO		GRUPO DE INTERVENÇÃO	
	Baseline	Final	Baseline	Final
HbA1C (%)	9.22 ± 1.56	9.10 ± 1.47	9.65 ± 1.33	8.96 ± 1.23

Os resultados quantitativos obtidos não permitem concluir quais os mecanismos que produzem melhorias subjetivas (qualidade de vida) e objetivas (controlo glicémico). No entanto estes dados suportam a importância e influência deste tipo de intervenções.

É possível concluir que, se uma amostra de população, com as mesmas características da população do estudo, for submetida a um programa de apoio psicológico, e assumindo que o valor da $\Delta HbA1c$ é o valor constante de - 0.69%.

Então:

$$\Delta HbA1c = -0.69$$

$$HbA1c_{final} = HbA1c_{baseline} - 0.69$$

Van Son *et al.* [35] desenvolveram um estudo com o objetivo de determinar o impacto da técnica de *Mindfulness-Based Cognitive Therapy* (MBCT) em participantes com diabetes, de forma a reduzir o stress emocional, melhorar a qualidade de vida e o controlo glicémico (HbA1c). Esta técnica é uma abordagem psicoterapêutica, originalmente desenvolvida para o tratamento da depressão. Para o estudo, foram selecionados 139 indivíduos com diabetes (tipo 1 e 2) e com baixos níveis de bem-estar emocional (escala < 13 *emotional well-being score*), residentes na Holanda (n= 70 no MBCT e n=69 no grupo de controlo). O grupo de intervenção foi acompanhado por psicólogos, e consistia em pequenos grupos de 4 a 10 participantes, nos quais praticavam exercícios de meditação durante um período de 2h. O grupo de controlo (*waiting list control*) não efetuou qualquer tipo de intervenção.

Os resultados foram obtidos ao fim da intervenção, após 8 semanas, e novamente após um período de *follow-up*, ao fim de 3 meses da *baseline*. A qualidade de vida foi medida com um questionário de 12 item (12-item Short-Form Health Survey), com uma escala de 0 – 100 pontos.

O estudo demonstrou efeitos significativos nos sintomas depressivos e de ansiedade no grupo MCBT, quando comparado com o controlo. No grupo de intervenção, cerca de 37% dos participantes melhoraram significativamente a escala de depressão, comparativamente com apenas 5% no grupo de controlo. Relativamente à qualidade de vida, o grupo MCBT sofreu um aumento considerável na escala da qualidade de vida, quer no domínio mental, quer no físico, com respetivamente 9 e 2 pontos. Quanto à hemoglobina glicada A1c, o grupo da intervenção perdeu 0.1% (Tabela 4.7).

Tabela 4.7. Dados da HbA1c e da qualidade de vida na Baseline e no fim da intervenção nos grupos de controlo e MBCT

	Grupo Controlo		Grupo de Intervenção (MBCT)	
	Baseline	Final	Baseline	Final
HbA1c	7.6 ± 1.2	7.8 ± 1.5	7.5 ± 1.2	7.6 ± 1.1

Aplicando os resultados do grupo de intervenção (MBCT) à presente dissertação, se for aplicada uma intervenção de apoio psicológico a uma população com as mesmas características da população-alvo, e assumindo que a $\Delta HbA1c$ assume um valor constante de -0.1 , então:

$$\Delta HbA1c = -0.1$$

$$HbA1c_{final} = HbA1c_{baseline} - 0.1$$

Relativamente à qualidade de vida, não se consideram os resultados pois esta medição *Short-Form Health Survey* não foi incluída no estudo em questão.

4.2.6 Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida

Tuomilehto *et al.* [39] efetuaram um estudo clínico com o objetivo de avaliar se a diabetes tipo 2 pode ser prevenida através de intervenções nos estilos de vida de indivíduos em alto risco. Assim, selecionaram aleatoriamente 522 indivíduos com excesso de peso ($IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$) e com pré-diabetes, com idades compreendidas entre os 40 e 65

anos. Os participantes foram atribuídos num dos dois grupos: o da intervenção ou o do controlo. Ao grupo do controlo foram fornecidas informações orais e escritas sobre dieta e exercício físico, sem um programa individualizado e especializado. Aos indivíduos no grupo de intervenção foi fornecida informação detalhada de forma a alcançarem os objetivos estipulados de peso, dieta e atividade física. O programa foi constituído por um total de 7 sessões com um nutricionista, ao longo de um ano, e uma sessão trimestral durante o período de *follow-up* até 6 anos, cujo período foi em média 3.2 anos. Durante o primeiro ano, o peso diminuiu em média 4.2 ± 5.1 kg e 0.8 ± 3.7 kg no grupo de controlo. Após dois anos, a média da perda de peso manteve-se significativa no grupo da intervenção com um valor de 3.5 ± 5.5 kg. Neste período de *follow-up*, a concentração de glucose (*fasting plasma glucose*) também diminuiu em média -2 ± 12 mg.

No total, 86 indivíduos foram diagnosticados com diabetes (27 no grupo de intervenção e 59 no grupo de controlo). A incidência cumulativa de diabetes foi um dos *outcomes* estudados, e corresponde à proporção do risco de desenvolver diabetes. Esta estimativa foi menor no grupo de intervenção, sendo que ao fim de 2 anos, a incidência cumulativa foi de 6%, na intervenção, e de 14% no controlo. Ao fim de 4 anos, a incidência cumulativa obtida foi de 11% e 23%, no grupo de intervenção e controlo, respetivamente.

Este estudo mostra evidência de que a diabetes tipo 2 pode ser prevenida através da alteração de estilos de vida em indivíduos em risco. A incidência de diabetes foi reduzida em 58%.

4.2.7 Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida no IMC

Miller *et al.* [121] levaram a cabo uma meta-análise de intervenções de perda de peso, nos últimos 25 anos (1969–1994), recorrendo a uma combinação de intervenções. A investigação tinha como principal objetivo avaliar o impacto da dieta (D), da atividade física (AF) e da combinação da dieta mais atividade física (D+AF) na perda de peso, em indivíduos obesos. Para isso, foram selecionados 493 estudos, de entre mais de 700, dois quais 269 eram programas de dieta, 90 de atividade física e 134 de dieta com atividade física, com uma duração de 2 – 90 semanas. O critério de inclusão dos indivíduos correspondia a uma idade compreendida entre os 18 e os 68 anos com excesso de peso, sem doenças metabólicas.

Dos estudos retirados, obteve-se a média do grau de obesidade, correspondendo a um IMC de $33.2 \pm 0.5 \text{ Kg/m}^2$ e a média da percentagem de massa gorda $33.4 \pm 0.7\%$. As amostras da população variam entre os grupos de intervenções, como por exemplo, os indivíduos do grupo AF eram mais novos e tinham menos peso, comparativamente com os participantes das intervenções de D e D+AF, ou seja, os participantes de AF eram caracteristicamente diferentes dos outros dois grupos.

Os resultados mostram que as intervenções de AF tiveram claramente menos efeito na composição corporal, do que as intervenções de D e D+AF. Em particular, a percentagem de perda de peso e redução de IMC foi apenas de 20%–60% da percentagem perdida na D e D+AF.

Ao fim de ano de *follow-up*, não houve diferença na percentagem de peso mantida, entre os indivíduos das três intervenções. Este estudo indica as intervenções de D e D+AF são mais eficazes para reduzir a obesidade, sendo que são três a cinco vezes mais eficientes nos resultados obtidos. O programa de D levou a uma perda média de 10.7 kg, o programa D+AF levou a uma perda de 11kg, e AF leva a uma redução de 2.9 kg, como se pode verificar na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Dados da perda de peso e IMC e nas intervenções de Dieta, Exercício e Dieta + Exercício

	D	AF	D + AF
$\Delta\text{Peso (kg)}$	-10.7 ± 0.5	-2.9 ± 0.4	-11.0 ± 0.6
$\Delta\text{IMC (Kg/m}^2\text{)}$	-4.0 ± 0.4	-0.8 ± 0.1	-4.2 ± 0.4

Dos resultados obtidos apenas o IMC corresponde ao *outcome* do presente estudo. Assumindo que a perda de IMC segue uma distribuição normal, ao aplicar este estudo a uma amostra de população semelhante, é possível determinar uma influência para cada programa:

$$\text{Dieta: } \Delta\text{IMC} \sim N(-4, 0.4^2)$$

$$\text{Atividade Física: } \Delta\text{IMC} \sim N(-0.8, 0.1^2)$$

$$\text{Dieta + Atividade Física: } \Delta\text{IMC} \sim N(-4.2, 0.4^2)$$

4.2.8 Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida no IMC, HbA1c e na qualidade de vida

Eriksson *et al.* [19] avaliaram os efeitos de um programa de intervenção de estilos de vida, nos comportamentos de risco, atividade física e qualidade de vida, em participantes com alto risco de desenvolverem doenças cardiovasculares. Assim, realizaram uma intervenção randomizada com duração de 3 meses, seguida de um ano de *follow-up*, no norte da Suécia a partir de um centro de saúde público. Foram selecionados 151 indivíduos, entre os 18 e 65 anos de idade, com pelo menos um dos seguintes diagnósticos: hipertensão, dislipidemia e diabetes tipo 2.

Os participantes foram divididos entre o grupo de intervenção (n=75) ou grupo controlo (n=76). A intervenção foi seguida por um nutricionista, fisioterapeuta e médico, e consistia em sessões de exercício supervisionado, dieta e reuniões de *follow-up*. O grupo de intervenção foi dividido em 6 grupos com 10 – 13 participantes cada, tendo em conta a idade e estado físico. Durante os 3 meses, cada grupo de participantes teve 3 sessões de exercício por semana (40 – 60 min), e 5 sessões de nutrição ao longo dos 3 meses (20 min). Os indivíduos do grupo de controlo apenas tiveram uma consulta num centro de saúde e uma reunião, na qual receberam informação sobre a relação entre estilos de vida e saúde.

Os resultados indicam que no grupo de intervenção houve uma média de perda de peso de 1.5 ± 2.8 kg, e alterações significativas de pressão sistólica e diastólica. A qualidade de vida foi medida através do EQ-5D, a qual sofreu um aumento significativo no grupo de intervenção, especificamente houve uma melhoria na dimensão da ansiedade/depressão. A HbA1c também sofreu alterações ao fim de um ano, demonstrando efeitos favoráveis no controlo glicémico. Alguns resultados encontram-se na Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Dados da perda de peso, IMC, HbA1c e qualidade de vida nos grupos de intervenção e controlo

	Controlo	Intervenção
$\Delta\text{Peso (kg)}$	-0.7 ± 2.9	-1.5 ± 2.8
$\Delta\text{IMC (kg/m}^2\text{)}$	-0.2 ± 1.1	-0.5 ± 1.0
$\Delta\text{HbA1c (\%)}$	-0.57 ± 1.03	-0.54 ± 0.74
$\Delta\text{EQ-VAS (0-100\%)}$	2.3 ± 17.9	8.1 ± 15.7

Assim, aplicando este estudo a uma população semelhante, é possível concluir que o efeito da combinação da dieta com a atividade física leva a uma redução do IMC e do HbA1c, e a um aumento da qualidade de vida. Assumindo que os valores correspondentes à diferença podem ser representados por uma distribuição normal, obtemos:

$$\Delta IMC \sim N(-0.5, 2.8^2)$$

$$\Delta HbA1c \sim N(-0.54, 0.74^2)$$

$$\Delta EQ - VAS \sim N(8.1, 15.7^2)$$

4.2.9 Impacto de Intervenções nos Estilos de Vida na HRQoL

Blissmer *et al.* [122] efetuaram uma intervenção randomizada em Chicago, de forma a investigar os efeitos a curto prazo, ao fim de uma intervenção de 6 meses de perda de peso na qualidade de vida, e a longo prazo, através de um *follow-up* de 12 e 24 meses. Foram selecionados 144 indivíduos, com idade superior a 18 anos, com o IMC entre 27 – 40 Kg/m^2 . Os participantes foram separados em pequenos grupos de 11 – 15 participantes. O programa começou com 3 meses intensivos, durante os quais os indivíduos atenderam duas sessões por semana, de duas horas cada. Cada sessão envolveu uma hora de educação nutricional ou comportamental, e outra hora de exercício físico. A qualidade de vida foi avaliada pelo questionário SF-36, que avalia oito domínios (função física, desempenho físico, dor, saúde geral, vitalidade, função social, desempenho emocional e saúde mental), sendo que a escala mais alta é 100 pontos.

Este estudo evidencia que intervenções comportamentais em combinação com dieta e exercício, permitem uma perda de peso a longo prazo e um aumento da qualidade de vida física e mental. Os resultados ao fim de 6 meses correspondem a uma média de perda de peso de 5.6 kg, e 2.7 kg ao fim de 12 meses. Após 6 meses, houve um aumento de aproximadamente 7 pontos na função física, 5 no desempenho físico, 2.5 pontos na dor, 4 na saúde em geral, 11 na vitalidade, 4 no desempenho emocional, 3.5 na função social, 4 na saúde mental (Tabela 4.10). Aplicando este estudo a uma amostra de população semelhante, é possível concluir que um programa de dieta + atividade física + apoio psicológico leva a uma alteração constante, igual aos valores apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Resultados do aumento da qualidade de vida após o grupo de intervenção

ΔHRQoL (SF-36)	Grupo de Intervenção
Função Física	+ 7
Dor	+ 2.5
Desempenho Físico	+ 5
Saúde Geral	+ 4
Vitalidade	+ 11
Função Social	+ 3.5
Desempenho Emocional	+ 4
Saúde Mental	+ 4

4.2.10 Impacto da TV e Internet

Durante muitos anos, a TV esteve associada a maus hábitos, como a falta de exercício físico ou obesidade. Hoje em dia, a situação é vista de outra forma, a verdade é que cerca de 96.7% da população americana tem, pelo menos, uma televisão em casa, e no total, cerca de 280 milhões de americanos gastam 4½ horas, a ver televisão, por dia. Por isso, a TV é vista como uma forma potente de influenciar os comportamentos do consumidor, e desta forma pode ter um papel importante na transmissão de programas de promoção de estilos de vida saudáveis [123].

Relativamente à Internet, cerca de 74% dos adultos Americanos utilizam a Internet. Além disso, em 2010, cerca de 80% destes indivíduos pesquisaram, na Internet, informações relacionadas com saúde. De facto, a pesquisa online mais popular é sobre saúde. Além disso, as redes sociais, como o Facebook, têm uma forte influência na alteração de comportamentos e melhorias na saúde em geral [124].

4.2.11 Intervenção pela Internet para Diabetes

Kwon *et al.* [125] desenvolveram um sistema de gestão para a glucose no sangue, através da utilização da Internet e de mensagens (SMS), com o objetivo de prevenir futuras complicações associadas ao diabetes e ajudar na autogestão da doença. Assim

foram selecionados 185 participantes diagnosticados com diabetes, há mais de um ano, seguidos no Seoul St. Mary's Hospital na Coreia do Sul, com acesso à Internet. Os indivíduos tinham idades entre os 8 – 79 anos, sendo que a média de idades foi 42.4 anos, 16.2% tinha diabetes tipo 1, 82.7% diabetes tipo 2 e 1.1% diabetes secundários. Numa primeira fase, os participantes foram entrevistados por enfermeiras especializadas e nutricionistas, para avaliar o estado de saúde e documentar as características na *baseline*, seguidamente os indivíduos receberam toda a informação necessária para acederem ao sistema de gestão da diabetes *web-based diabetic patient management system*. Durante o período de intervenção de 3 meses, todos os participantes receberam recomendações na gestão da doença, alterações de estilos de vida, como dieta e exercício físico, e informação geral sobre diabetes, através do site disponibilizado. Para além disso, podiam contactar os especialistas, bem como monitorizar e enviar os níveis de glicose no sangue, pressão arterial e peso.

Os resultados deste estudo mostram que o valor médio da HbA1c passou de $7.5 \pm 1.5\%$ para $7.0 \pm 1.1\%$, após os 3 meses de intervenção. Em particular em participantes com o $HbA1c \geq 7\%$, o valor passou de $8.4 \pm 1.2\%$ para $7.5 \pm 1.0\%$, como indicado na Tabela 4.11. Os valores dos triglicéridos e o colesterol HDL também diminuíram substancialmente.

Tabela 4.11. Valores da HbA1c no início e no fim da intervenção

	Baseline	Final
<i>HbA1c (%)</i>	7.5 ± 1.5	7.0 ± 1.1
<i>HbA1c $\geq 7\%$</i>	8.4 ± 1.2	7.5 ± 1.0

Este estudo evidencia que é possível melhorar a qualidade e eficiência da gestão da diabetes através do recurso à Internet. Os investigadores sugerem ainda, que estes tipos de sistemas podem ser tão eficientes como o tratamento presencial com os participantes.

Aplicando estes resultados numa amostra de população semelhante, e assumindo que a HbA1c e o respetivo valor da diferença, entre o início e o fim da intervenção, podem ser aproximados a uma distribuição normal, calcula-se o valor médio e desvio padrão. Os parâmetros da distribuição são calculados através da diferença entre as médias do valor *baseline* e final, e a soma dos desvios padrões ao quadrado. Obtém-se o seguinte:

$$\Delta HbA1c \sim N(-0.5, 1.86^2)$$

$$\Delta HbA1c_{\geq 7\%} \sim N(-0.9, 1.56^2)$$

4.2.12 Intervenção pela Internet para Perder de Peso

Collins *et al.* [126] desenvolveram um estudo controlado e randomizado para comparar a eficiência de perda de peso, em indivíduos obesos, entre três grupos: (1) programa de perda de peso *basic*, (2) programa *enhanced*, que corresponde a uma versão melhorada do primeiro, permitindo feedback personalizado para cada indivíduo, e (3) um grupo de controlo.

Para o estudo, foram selecionados 591 adultos com excesso de peso ou obesos, pela universidade de Newcastle, na Austrália, dos quais 309 concluíram o estudo. Os critérios de inclusão consistiam numa idade compreendida entre os 18 e os 60 anos, IMC entre 25 – 40 Kg/m^2 , e com acesso a um computador com Internet. Os participantes foram alocados aleatoriamente a um dos três grupos para um programa de 12 semanas.

O grupo de controlo, corresponde a um grupo de espera, e os participantes não tiveram acesso ao programa de perda de peso. Nos dois grupos de intervenção, os participantes registavam o peso, o consumo diário nutricional e a prática de atividade física, quatro vezes por semana, e recebiam planos de dieta e de exercício físico semanais. O programa *enhanced* tinha o extra de fornecer feedback personalizado aos participantes, quanto ao seu desempenho e resultados adquiridos. A qualidade de vida foi avaliada através do questionário SF-36, com base numa escala de oito domínios.

Os resultados do estudo mostram alterações significativas no peso nos dois grupos de intervenção, -0.72 ± 1.07 kg e -0.98 ± 1.38 kg, no grupo *basic* e *enhanced*, respetivamente. A qualidade de vida aumentou, mas não houve diferenças significativas entre os dois grupos (Tabela 4.12).

Os investigadores concluíram que ambas as intervenções contribuíram para importantes reduções nos fatores de risco de doenças cardiovasculares, bem como na qualidade de vida e nos comportamentos alimentares, sendo que não houve diferenças significativas entre ambos. No entanto no grupo *standard*, a probabilidade de os indivíduos desistirem do programa é maior.

Tabela 4.12. Valores da diferença de peso, IMC e qualidade de vida entre o início e o fim da intervenção e do controlo

	Intervenção		
	Controlo	Basic	Enhanced
Δ Peso (kg)	0.36 \pm 2.33	-2.14 \pm 3.32	-2.98 \pm 4.05
Δ IMC (kg/m ²)	0.15 \pm 0.82	-0.72 \pm 1.07	-0.98 \pm 1.38
ΔHRQoL (SF-36)			
Função Física	0.45 \pm 14.27	1.79 \pm 22.64	4.86 \pm 17.22
Desempenho Físico	1.92 \pm 21.74	2.04 \pm 21.74	3.07 \pm 16.39
Dor	-2.08 \pm 27.65	0.20 \pm 25.40	0.85 \pm 34.34
Saúde Geral	3.02 \pm 11.90	3.72 \pm 12.17	6.75 \pm 12.42
Vitalidade	14.11 \pm 68.04	2.36 \pm 22.48	12.91 \pm 59.23
Função Social	1.36 \pm 24.42	0.26 \pm 14.47	4.48 \pm 21.77
Desempenho Emocional	1.32 \pm 20.51	2.47 \pm 13.55	3.07 \pm 16.48
Saúde Mental	2.28 \pm 15.66	2.55 \pm 15.68	4.86 \pm 13.26

Assim, aplicando os resultados deste estudo, e em particular do grupo *enhanced*, tendo em conta que é o plano de intervenção mais completo, é possível definir funções de influência de uma intervenção através da Internet (atividade física + dieta) para IMC e para a qualidade de vida, tendo em conta uma amostra de população semelhante. Assumindo que as variações do IMC e da qualidade de vida seguem uma distribuição normal, obtém-se:

$$\Delta IMC \sim N(-0.98, 1.38^2)$$

$$\Delta \text{Função Física} \sim N(4.86, 17.22^2)$$

$$\Delta \text{Desempenho Físico} \sim N(3.07, 16.39^2)$$

$$\Delta \text{Dor} \sim N(0.85, 34.34^2)$$

$$\Delta \text{Saúde Geral} \sim N(6.75, 12.42^2)$$

$$\Delta \text{Vitalidade} \sim N(12.91, 59.23^2)$$

$$\Delta \text{Função Social} \sim N(4.48, 21.77^2)$$

$$\Delta \text{Desempenho Emocional} \sim N(3.07, 16.48^2)$$

$$\Delta \text{Saúde Mental} \sim N(4.86, 13.26^2)$$

4.2.13 Intervenção pela TV para Prevenir Diabetes

Ackermann *et al.* [123] desenvolveram um programa de TV para prevenção de diabetes em adultos com fatores de risco elevado, nos EUA. A intervenção consistia em 16 sessões transmitidas pela TV sobre a alteração de estilos de vida, durante 4 a 6 meses. Esta foi transmitida individualmente (grupo *VOD-only*) ou combinada com um site de suporte de estilos de vida (*VOD-plus*). Os participantes foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: idade igual ou superior a 18 anos, excesso de peso ou obesos, diagnosticados com pré-diabetes ou com pressão arterial alta, colesterol anormal e historial familiar de diabetes. Os vídeos tinham carácter educacional em nutrição e atividade física, onde eram apresentadas as experiências de seis indivíduos com pré-diabetes, que passaram por uma alteração de estilos de vida. O grupo *VOD-plus* incluía uma plataforma de suporte com ferramentas adicionais e com um treinador virtual, que respondia a questões individuais ou de grupo.

Os resultados deste estudo mostram uma diferença de 2% na perda de peso entre os grupos *VOD-only* e *VOD-plus*, o que não é significativo. Os participantes que viram um ou mais episódios tiveram uma perda de 3.3% do peso inicial, os que viram mais de 9 episódios alcançaram uma perda de 4.9%. Os investigadores concluem que este tipo de intervenções com diferentes domínios previne o desenvolvimento de diabetes.

4.2.14 Intervenção pela TV para Perder Peso

Meyers *et al.* [127] avaliaram a eficácia de um programa de televisão para reduzir o peso. A intervenção foi constituída por quatro grupos e teve a duração de 8 semanas. Assim foram selecionados indivíduos com idades entre os 18 – 60 anos e com mais de 20% de excesso de peso. Dos 71 escolhidos, 56 foram divididos entre os grupos de intervenção e 15 foram selecionados para o controlo.

Os indivíduos do primeiro grupo (*live contact*) tiveram uma sessão de orientação individual, seguida de uma sessão em grupo e oito sessões de tratamento, nas quais foram abordados conhecimentos nutricionais, comportamentais e sobre a atividade física. O segundo grupo (*videotaped*) foi exatamente igual, mas todas as sessões foram gravadas. O terceiro grupo assistiu aos vídeos a partir de casa através da TV (*television delivered*). O grupo de controlo não teve qualquer tipo de intervenção, sendo representado por um grupo de espera, que teve a intervenção a seguir.

Os resultados mostram que o programa de perda de peso através da TV é tão eficiente como o programa *live contact* (Tabela 4.13). Os três alcançaram perdas de peso significativas, bem como aumento do conhecimento factual em exercício e nutrição. Este estudo sugere que sejam desenvolvidos mais programas de intervenção pela TV, uma vez que o impacto é muito semelhante ao das intervenções acompanhadas a nível pessoal.

Tabela 4.13. Valores do peso no início e no fim nos diferentes grupos de intervenção

GRUPOS DE INTERVENÇÃO

	<i>Videotaped</i>		<i>Television delivered</i>		<i>Live contact</i>	
	Baseline	Final	Baseline	Final	Baseline	Final
PESO (KG)	82.06±17.87	77.93±13.90	88.77±10.66	84.55±10.02	86.55±15.69	82.06±15.65

Nas Tabelas 4.14 – 4.15 encontram-se sumariados os estudos descritos ao longo da Secção 4.2 com os outcomes IMC, HbA1c ou HRQoL, com as respetivas funções de influência, e que poderão ser utilizados nas simulações, na próxima secção.

Tabela 4.14. Sumário dos estudos das intervenções (Nota: AF=Atividade Física, D= Dieta, AP=Apoio Psicológico)

ESTUDO	POPULAÇÃO	DURAÇÃO INTERVENÇÃO	VARIÁVEL	OUTCOME	FUNÇÃO DE INFLUÊNCIA
Slentz <i>et al.</i> [116]	Idade= [40, 65] anos IMC= [23, 25] Kg/m ² Não diabéticos, Não hipertensos	6 Meses	AF	IMC	$\Delta IMC \sim N(-1.3, 2.2^2)$ $IMC_{final} = IMC_{baseline} - \Delta IMC$
Boulé <i>et al.</i> [117]	Diabéticos tipo 2	4.5 ± 3.75 Meses	AF	HbA1c	$HbA1c_{baseline} - 0.66 \%$
Parker <i>et al.</i> [119]	Idade ≥ 18 anos IMC ≥ 25 Kg/m ² Pré-diabéticos	3 Meses	D	HbA1c	$\Delta HbA1c \sim N(-0.19, 0.41^2)$ $HbA1c_{final} = HbA1c_{baseline} - \Delta HbA1c$
Piber-nick-Okanovic <i>et al.</i> [120]	Idade ≤ 60 anos Diabéticos tipo 2 com HbA1c ≥ 8.5%	1.5 Meses	AP	HbA1c	$HbA1c_{baseline} - 0.69 \%$
Van Son <i>et al.</i> [35]	Diabéticos	2 Meses	AP	HbA1c	$\Delta HbA1c_{baseline} - 0.1\%$

Tabela 4.15. Continuação da Tabela 4.14

ESTUDO	POPULAÇÃO	DURAÇÃO INTERVENÇÃO	VARIÁVEL	OUTCOME	FUNÇÃO DE INFLUÊNCIA
Miller <i>et al.</i> [121]	Idade= [18, 68] anos BMI ≥ 25 Kg/m ² Sem doenças metabólicas	3.9 \pm 0.15 Meses	AF D AF + D	IMC	AF: $\Delta IMC \sim N(-0.8, 0.1^2)$ D: $\Delta IMC \sim N(-4, 0.4^2)$ AF+D: $\Delta IMC \sim N(-4.2, 0.4^2)$ $IMC_{final} = IMC_{baseline} - \Delta IMC$
Eriksson <i>et al.</i> [19]	Idade= [18, 65] anos Hipertensão, dislipidemia ou diabetes tipo 2	3 Meses	AF + D	IMC HbA1c HRQoL (EQ-VAS)	$\Delta IMC \sim N(-0.5, 2.8^2)$ $\Delta HbA1c \sim N(-0.54, 0.74^2)$ $\Delta EQ - VAS \sim N(8.1, 15.7^2)$ $Outcome_{final} =$ $Valor_{baseline} - \Delta I$
Blissmer <i>et al.</i> [122]	Idade ≥ 18 anos IMC= [27, 40] Kg/m ²	6 Meses	AF + D + AP	HRQoL (SF-36)	Função física: +7; Desempenho físico: +5; Dor: +2.5; Saúde geral: +4.0; Vitalidade: 11.0; Função social: 3.5; Desempenho emocional: 4.0; Saúde mental: 4.0
Kwon <i>et al.</i> [125]	Idade= [8, 79] anos Diabéticos	3 Meses	Internet: AF + D	HbA1c	$\Delta HbA1c \sim N(-0.5, 1.86^2)$ $\Delta HbA1c_{\geq 7\%} \sim N(-0.9, 1.56^2)$
Collins <i>et al.</i> [126]	Idade= [18, 60] anos IMC= [25, 40] Kg/m ²	3 Meses	Internet: AF + D	IMC HRQoL (SF-36)	$\Delta IMC \sim N(-0.98, 1.38^2)$ ΔFunção Física $\sim N(4.86, 17.22^2)$ ΔDesempenho Física $\sim N(3.07, 16.39^2)$ ΔDor $\sim N(0.85, 34.34^2)$ ΔSaúde Geral $\sim N(6.75, 12.42^2)$ ΔVitalidade $\sim N(12.91, 59.23^2)$ ΔFunção Social $\sim N(4.48, 21.77^2)$ ΔDesempenho Emocional $\sim N(3.07, 16.48^2)$ ΔSaúde Mental $\sim N(4.86, 13.26^2)$

4.3 Modelo de Simulação

Antes de iniciar a simulação é necessário definir uma amostra de população, que será representada pelos agentes, com uma *baseline* definida dos *outcomes* em estudo, de forma a que seja possível observar a alteração nos *outcomes* após uma intervenção. As características serão introduzidas em forma de percentagens ou distribuições normais. Esta caracterização tem de ser rigorosa, uma vez que os resultados das intervenções variam consoante os atributos da população. Antes de correr o modelo de simulação, e depois de introduzidas as características da população e as funções de influência, o modelo foi verificado através de uma análise ao código desenvolvido, bem como a todas as funções introduzidas. Esta etapa teve como objetivo verificar se o modelo de simulação foi bem implementado, ou seja, se não apresenta erros de programação e de *inputs*.

4.3.1 Caracterização da Amostra da População

Inicialmente, foi feita uma recolha de estudos que retratassem dados socioeconómicos, demográficos e estilos de vida da população europeia. Tendo em conta que a literatura encontrada incluía apenas alguns países da europa, as percentagens não correspondiam aos valores conhecidos. Assim, de forma a contornar esta situação, e tornar a amostra da população o mais completa possível, primeiramente foram recolhidos dados de plataformas de estatística, e de seguida foram complementados com artigos científicos.

Para caracterizar a população foram retirados os dados relativos ao sexo [128], idade [128], IMC [129], HbA1c [130][131], qualidade de vida (EQ – 5D [132], SF-36 [133]), incidência de pressão arterial elevada [134], diabetes [131], consumidores de tabaco [129], consumidores de bebidas alcoólicas, nos últimos 12 meses [135] e inatividade física [136]. A maioria dos atributos foram retirados da plataforma de estatística Eurostat [14] e da base de dados da OMS (*WHO Database – World Health Organization Database*) [13], à exceção da incidência de diabetes, da distribuição dos valores da HbA1c na população e da qualidade de vida, que foram retirados da literatura existente.

Nos sites de estatística, foram selecionados os seguintes países da Europa: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Suécia. Não existem dados do atributo inatividade física para a

população da Islândia, assim nos cálculos da média ponderada deste atributo, não foi considerada a população deste país. Não foram incluídos a Albânia, Armênia, Azerbaijão, Bielorrússia, Geórgia, Kosovo, Moldávia, Macedónia, Montenegro, Rússia, São Marino, Sérvia, Suíça e Turquia, por inexistência de dados completos para todas as variáveis.

O atributo sexo, classifica-se em masculino e feminino e a faixa etária incluída é igual ou superior a 18 anos.

Os dados foram retirados em número de população, sendo depois convertidos em percentagem através de uma média ponderada, tendo em conta a população (≥ 18 anos), de cada país. Obtendo-se assim a percentagem total de incidência de cada atributo. No Anexo A, encontram-se as tabelas com os dados de cada país.

Para efeitos de cálculo existem alguns erros associados, o ano dos dados retirados varia com os atributos, isto porque nem todos estavam atualizados, e nem todos eram para uma população acima dos 18 anos. A incidência de diabetes incluiu a população acima dos 25 anos e o consumo de tabaco incluiu a população acima dos 15 anos. O número da população, a idade e o sexo são datados de 2011, o IMC é de 2014, a incidência de pressão arterial elevada é de 2015, a incidência de diabetes e os valores de HbA1c são de 2018, o consumo de tabaco é de 2016, o consumo de álcool e a inatividade física são de 2010, e a qualidade de vida é de 2000 (EQ-5D) e 1998 (SF-36). Assim, na tentativa de reduzir o erro, foram escolhidas as datas mais próximas ou mais recentes, no entanto, certos dados como a população, dividida por faixa etária, ou a incidência de inatividade física, apenas estava disponível uma data.

O IMC divide-se em quatro categorias, sendo que $IMC < 18.5$ corresponde ao grupo que está abaixo do peso, $18.5 \leq IMC < 25$ corresponde à categoria do peso normal, $25 \leq IMC < 30$ corresponde ao grupo com pré-obesidade e $IMC \geq 30$ corresponde à obesidade.

O atributo da idade, do IMC e da HbA1c foram aproximados a uma distribuição normal. Esta aproximação foi crucial, pois é possível gerar valores aleatórios em cada simulação, de acordo com os valores da distribuição normal. Assim, após uma intervenção, o valor do *outcome* da *baseline* sofre uma alteração, de acordo com a função de influência. O que não seria possível sem a distribuição, pois no caso do IMC, por exemplo, apenas há informação da incidência em cada intervalo de valores, e não informação contínua. O mesmo se aplica para o valor de HbA1c.

Embora também houvessem dados para a distribuição da percentagem das idades da população, para efeitos de simulação, é necessário um incremento da idade, assim foi também calculada a distribuição normal para a idade.

Na Tabela 4.16 encontram-se apresentadas algumas características da amostra da população.

Tabela 4.16. Algumas características da amostra de população

CARACTERÍSTICAS	% INCIDENTE
Homens	48,42%
Mulheres	51,58%
Idade [18, 20] anos	0,252%
Idade ≥ 85 anos	0,258%
IMC	
Abaixo do peso IMC < 18.5	2,30%
Peso normal IMC= [18.5, 25[	46,17%
Pré-obesidade IMC= [25, 30[	35,67%
Obesidade IMC ≥ 30	19,19%
Pressão arterial elevada	28,26%
Diabetes	9,94%
Consumo de tabaco	28,37%
Consumo de álcool	76,00%
Inatividade física	26,14%

Considerando uma população acima dos 18 anos, sabe-se que 0.252% da população tem uma idade compreendida entre os 18 e os 20 anos, inclusive, e que 0.258% tem uma idade ≥ 85 anos (Tabela 4.16). Então considera-se que a probabilidade de ter menos de 20 anos é 0.00252. Assim, assumindo que a idade segue uma distribuição normal, é possível determinar os respetivos parâmetros da população, média e variância: $Idade \sim N(\mu, \sigma^2)$.

Considerando:

X_1 – Idade da população

$X_1 \sim N(\mu = ?, \sigma^2 = ?)$

Sabendo que:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{e} \quad X \rightarrow Z$$

$$P(X_1 \leq 20) = 0.00252 \rightarrow P\left(Z \leq \frac{20 - \mu}{\sigma}\right) = 0.00252$$

Através da tabela de distribuição normal, o valor mais próximo de 0.00252 corresponde a um valor de $Z = -2.81$. Assim:

$$\frac{20 - \mu}{\sigma} = -2.81$$

Seguindo o mesmo raciocínio para Idade ≥ 85 anos. Obtém-se o seguinte:

$$P(X_1 \geq 85) = 0.00258 \leftrightarrow P(X_1 < 85) = 0.9974$$

$$P\left(Z_1 < \frac{85 - \mu}{\sigma}\right) = 0.9974$$

$$\frac{85 - \mu}{\sigma} = 2.79$$

Através do seguinte sistema de equações, calcula-se o valor da média (μ), e do desvio padrão (σ), obtendo assim a distribuição normal pretendida:

$$\begin{cases} \frac{20 - \mu}{\sigma} = -2.81 \\ \frac{85 - \mu}{\sigma} = 2.79 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \mu = 52.6157 \\ \sigma = 11.6071 \end{cases}$$

$$Idade \sim N(52.62; 11.61^2)$$

Para o caso do IMC, sabendo que a incidência da população com o IMC < 18.5 corresponde a cerca de 2.3 % e com IMC ≥ 30 corresponde a 19.187%, calcula-se a distribuição $X_2 \sim N(\mu, \sigma^2)$:

$$P(X_2 \geq 30) = 0.19187 \leftrightarrow P(X_2 < 30) = 0.80813$$

$$P\left(Z < \frac{30 - \mu}{\sigma}\right) = 0.80813$$

$$P(X_2 < 18.5) = 0.023 \rightarrow P\left(Z < \frac{18.5 - \mu}{\sigma}\right) = 0.023$$

Então:

$$\begin{cases} \frac{30 - \mu}{\sigma} = 0.87 \\ \frac{18.5 - \mu}{\sigma} = -2.24 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \mu = 27.3032 \\ \sigma = 3.0997 \end{cases}$$

O IMC pode ser aproximado a uma distribuição normal com os seguintes parâmetros:

$$IMC \sim N(27.30, 3.10^2)$$

Em relação ao atributo da HbA1c, este não foi obtido diretamente, uma vez que não foram encontrados valores para a população europeia. Como referido na Secção 2.4.2, sabe-se que $HbA1c < 5.7$ corresponde ao valor esperado normal, o intervalo de $5.7 \leq HbA1c < 6.5$ corresponde a um caso de pré-diabetes, e $HbA1c \geq 6.5$ corresponde a um caso de diabetes.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, a incidência de diabetes na Europa é cerca de 9.9%[131]. A incidência de IGR (*Impaired glucose tolerance*), ou seja, pré-diabetes, corresponde a 22.3%[130], este valor foi obtido numa meta-análise que incluiu a Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Espanha, França, Grécia, Suécia e Reino Unido. Subtraindo estes valores a 100%, obtém-se 67.8%, que corresponde à probabilidade de ser saudável. Com estes resultados, tendo em conta os intervalos definidos da hemoglobina glicada e assumindo que a distribuição da HbA1c segue uma distribuição normal, é possível calculá-la da seguinte forma:

$$P(X_3 \geq 6.5) = 0.0994 \leftrightarrow P(X_3 < 6.5) = 0.9006$$

$$P\left(Z < \frac{6.5 - \mu}{\sigma}\right) = 0.9006$$

$$P(X < 5.7) = 0.6776 \rightarrow P\left(Z < \frac{5.7 - \mu}{\sigma}\right) = 0.6776$$

Então:

$$\begin{cases} \frac{6.5 - \mu}{\sigma} = 1.29 \\ \frac{5.7 - \mu}{\sigma} = 0.46 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \mu = 5.2567 \\ \sigma = 0.9639 \end{cases}$$

A hemoglobina glicada pode ser aproximada a uma distribuição normal com os seguintes parâmetros:

$$HbA1c \sim N(5.27, 0.96^2)$$

Relativamente ao *outcome* da qualidade de vida, os dados do questionário EQ-VAS foram retirados do estudo de König *et al.* [132]. Os investigadores fizeram uma comparação da qualidade de vida em seis países europeus (Bélgica, França, Alemanha, Itália, Holanda e Espanha) com uma população representativa de cada país. Embora não estejam incluídos os restantes países, os valores retirados vão ser aplicados à amostra da população em geral. Os resultados do estudo indicam uma escala de 77.0 ± 20.8 no questionário EQ-VAS.

Assim, assumindo que o EQ-VAS segue uma distribuição normal, pode ser aplicado à amostra da população da seguinte forma:

$$EQ - VAS \sim N(77.0; 20.8^2)$$

Os dados do questionário SF-36 foram retirados do estudo de Ware e Gandek [133], os quais avaliam a qualidade de vida na população dos EUA, com base no questionário SF-36. O estudo obtém os seguintes valores para os domínios: função física $84.2 \pm 23.3\%$, desempenho físico $80.9 \pm 34.0\%$, dor $75.2 \pm 23.7\%$, saúde geral $71.9 \pm 20.3\%$, vitalidade $60.9 \pm 20.9\%$, função social $83.9 \pm 22.7\%$, desempenho emocional $81.3 \pm 33.0\%$ e saúde mental $74.7 \pm 18.1\%$. Considerando que se aproxima a uma distribuição normal obtém-se:

$$Função\ física \sim N(84.2; 23.3^2)$$

$$Desempenho\ físico \sim N(80.9; 34.0^2)$$

$$Dor \sim N(75.2; 23.7^2)$$

$$Saúde\ geral \sim N(71.9; 20.3^2)$$

$$Vitalidade \sim N(60.9; 20.9^2)$$

$$Função\ social \sim N(83.9; 22.7^2)$$

$$Desempenho\ emocional \sim N(81.3; 33.0^2)$$

$$Saúde\ mental \sim N(74.7; 18.1^2)$$

Na Tabela 4.17 encontram-se os valores dos *outcomes* na *baseline*, para a população em estudo.

Tabela 4.17. Valor dos outcomes iniciais da amostra de população caracterizada

Outcome	Valor baseline
IMC	$IMC \sim N(27.30, 3.10^2)$
HbA1c	$HbA1c \sim N(5.27, 0.96^2)$
HRQoL	EQ-5D: $EQ - VAS \sim N(77.0, 20.8^2)$ SF-36: $Função\ física \sim N(84.2, 23.3^2)$ $Desempenho\ físico \sim N(80.9, 34.0^2)$ $Dor \sim N(75.2, 23.7^2)$ $Saúde\ geral \sim N(71.9, 20.3^2)$ $Vitalidade \sim N(60.9, 20.9^2)$ $Função\ social \sim N(83.9, 22.7^2)$ $Desempenho\ emocional \sim N(81.3, 33.0^2)$ $Saúde\ mental \sim N(74.7, 18.1^2)$

4.3.2 Funções de Influência das Intervenções

Como referido anteriormente, para as simulações foram utilizadas algumas das funções de influência determinadas e referidas na Secção 4.2. Esta seleção foi baseada na eficiência de cada programa de intervenção e respetivos resultados obtidos. Dos estudos que correspondiam ao mesmo programa e mesmo outcome, foram escolhidos os mais completos e com maior impacto. Algumas combinações de intervenções não foram encontradas na literatura, por isso, o seu efeito foi calculado com base nas intervenções individuais, sendo esta uma das funcionalidades características da modelação e simulação baseada em agentes. Como é o caso das intervenções dieta + apoio psicológico, exercício físico + apoio psicológico e dieta + exercício físico + apoio psicológico.

É importante salientar que, apenas os participantes com os critérios de seleção, entram nas intervenções. Quando se juntam intervenções, não se pode simplesmente somar as funções de influência e juntar populações-alvo diferentes, por exemplo, intervenções para diabéticos e não diabéticos, porque estes têm comportamentos muito diferentes entre si. No entanto, quando se combina a intervenção da dieta com o apoio psicológico, por exemplo, o que se faz é incluir todas as intervenções deste tipo, assim mesmo que sejam para populações-alvo diferentes, o modelo efetua em simultâneo as

intervenções, e faz a média dos *outcomes*, no fim. Assim, obter-se-ão melhores resultados. Neste modelo de simulação, apenas ocorreram duas situações em que foram somadas influências, uma vez que as populações-alvo das intervenções eram as mesmas. Na intervenção atividade física + apoio psicológico¹ e dieta + atividade física + apoio psicológico² (Tabela 4.19), a influência no *outcome* HbA1c, da atividade física foi somada com a do apoio psicológico, porque eram intervenções para diabéticos, sem outras restrições. Assim obteve-se uma alteração de $\Delta HbA1c_1 = -0.76\%$.

Para simplificação da caracterização da população, foi assumido que, na *baseline*, a população com pré-diabetes é representada pelos indivíduos com $HbA1c = [5.7, 6.5]$, e os diabéticos são representados pelos participantes com $HbA1c \geq 6.5$. Após uma determinada intervenção, se a população-alvo forem os diabéticos, foi aplicada uma função extra, que impede que estes tenham valores inferiores a 6.5%. Caso contrário, se o impacto da intervenção fosse muito grande, facilmente o valor do HbA1c final ficava inferior a 6.5%, e o programa assumia que o número de diabéticos diminuía, o que não acontece na realidade.

Para efeitos de simulação, não se considera a distinção entre diabetes tipo 1 e 2, tendo em conta que não há informação desta diferenciação na *baseline*. Assim, assume-se apenas que o participante tem diabetes ou não. As funções de influência escolhidas a partir das intervenções, que fazem referência a esta distinção, são utilizadas assumindo independência no tipo de diabetes. O mesmo acontece para a idade, o estudo Kwon *et al.* [125] inclui uma população dos 8 aos 79 anos, no modelo de simulação, assume-se a função de influência para uma população-alvo dos 18 aos 79 anos.

Para cada simulação, partiu-se do pressuposto que cada PT, nutricionista e psicólogo tem 15 pacientes cada, sendo uma proporção de 1:15. Além disso, a amostra da população caracterizada anteriormente, não é aplicada neste tipo de agentes, tendo em conta que as intervenções são para os participantes, e apenas se pretende observar alterações nos *outcomes* destes.

As intervenções escolhidas têm uma duração variável entre um mês e meio e seis meses. Para uniformizar as durações das intervenções, considera-se que o período de simulação é de seis meses, considerando que todas têm a mesma duração.

É importante referir também, que os *outcomes* são variáveis globais, desta forma, após uma determinada intervenção, a média dos valores apresentados corresponde a todos os participantes e não só dos participantes das intervenções. Desta forma pode haver aumentos ou diminuições imprevisíveis, não lineares.

Nas Tabelas 4.18 – 4.20 encontram-se as intervenções, que foram introduzidas na simulação, e as respectivas características, de forma sumariada.

Tabela 4.18. Tabela com as intervenções introduzidas no modelo de simulação

INTERVENÇÃO	OUTCOME	POPULAÇÃO-ALVO	ALTERAÇÃO
Dieta	HbA1c [119]	<ul style="list-style-type: none"> Idade ≥ 18 anos IMC $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Pré-diabéticos (HbA1c = [5.7, 6.5]) 	$\Delta HbA1c \sim N(-0.19, 0.41^2)$
	IMC [121]	<ul style="list-style-type: none"> Idade = [18, 68] anos BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Não diabéticos 	$\Delta IMC \sim N(-4, 0.4^2)$
Atividade Física	HbA1c [117]	<ul style="list-style-type: none"> Diabéticos 	$\Delta HbA1c = -0.66\%$
	IMC [121]	<ul style="list-style-type: none"> Idade = [18, 68] anos BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Não diabéticos 	$\Delta IMC \sim N(-0.8, 0.1^2)$
Apoio Psicológico	HbA1c [35]	<ul style="list-style-type: none"> Diabéticos 	$\Delta HbA1c_1 = -0.1\%$
	[120]	<ul style="list-style-type: none"> Idade ≤ 60 anos Diabéticos com HbA1c $\geq 8.5\%$ 	$\Delta HbA1c_2 = -0.69\%$
Dieta + Atividade Física	HbA1c HRQoL [19]	<ul style="list-style-type: none"> Idade = [18, 65] anos Diabéticos 	$\Delta HbA1c \sim N(-0.54, 0.74^2)$ $\Delta EQ - VAS \sim N(8.1, 15.7^2)$
	IMC [121]	<ul style="list-style-type: none"> Idade = [18, 68] anos BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Não diabéticos 	$\Delta IMC \sim N(-4.2, 0.4^2)$
Dieta + Apoio Psicológico	HbA1c [119]	<ul style="list-style-type: none"> Idade ≥ 18 anos IMC $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Pré-diabéticos (HbA1c = [5.7, 6.5]) 	$\Delta HbA1c_1 \sim N(-0.19, 0.41^2)$
	[35]	<ul style="list-style-type: none"> Diabéticos 	$\Delta HbA1c_2 = -0.66\%$
	[120]	<ul style="list-style-type: none"> Idade ≤ 60 anos Diabéticos com HbA1c $\geq 8.5\%$ 	$\Delta HbA1c_3 = -0.69\%$
	IMC [121]	<ul style="list-style-type: none"> Idade = [18, 68] anos BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ Não diabéticos 	$\Delta IMC \sim N(-4, 0.4^2)$

Tabela 4.19. Continuação da Tabela 4.18

INTERVENÇÃO	OUTCOME	POPULAÇÃO-ALVO	ALTERAÇÃO
Atividade Física + Apoio Psicológico ¹	HbA1c [117]+ [35]	• Diabéticos	$\Delta HbA1c_1 = - (0.66 + 0.1) \% = - 0.76 \%$
	[120]	• Idade ≤ 60 anos • Diabéticos com HbA1c $\geq 8.5\%$ 101	$\Delta HbA1c_2 = - 0.69 \%$
	IMC [121]	• Idade= [18, 68] anos • BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ • Não diabéticos	$\Delta IMC \sim N (-0.8, 0.1^2)$
Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico ²	HRQoL (SF-36) [122]	• Idade ≥ 18 anos • IMC = [27, 40] Kg/m^2	Δ Função física: +7; Δ Desempenho físico: +5.0; Dor: +2.5; Δ Saúde geral: +4.0; Δ Vitalidade: 11.0; Δ Função social: 3.5; Δ Desempenho emocional: 4.0; Δ Saúde mental: 4.0
	HRQoL (EQ-VAS) [19]	• Idade= [18, 65] anos • Diabéticos	$\Delta EQ - VAS \sim N (8.1, 15.7^2)$
	HbA1c [119]	• Idade ≥ 18 anos • IMC $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ • Pré-diabéticos (HbA1c = [5.7, 6.5])	$\Delta HbA1c \sim N (-0.19, 0.41^2)$
	HbA1c (AF+AP) [117]+[35]	• Diabéticos 31	$\Delta HbA1c_1 = - (0.66 + 0.1) \% = - 0.76 \%$
	HbA1c [120]	• Idade ≤ 60 anos • Diabéticos com HbA1c $\geq 8.5\%$	$\Delta HbA1c_3 = - 0.69 \%$
	IMC [121]	• Idade= [18, 68] anos • BMI $\geq 25 \text{ Kg/m}^2$ • Não diabéticos	$\Delta IMC \sim N (-4.2, 0.4^2)$

Tabela 4.20. Continuação da Tabela 4.19

INTERVENÇÃO	OUTCOME	POPULAÇÃO-ALVO	ALTERAÇÃO
Internet (Dieta + Atividade Física)	HbA1c [125]	<ul style="list-style-type: none"> • Idade = [18, 79] anos • Diabéticos 	$\Delta HbA1c \sim N(-0.5, 1.86^2)$ $\Delta HbA1c_{\geq 7\%} \sim N(-0.9, 1.56^2)$
	IMC HRQoL (SF-36) [126]	<ul style="list-style-type: none"> • Idade = [18, 60] anos • IMC = [25, 40] Kg/m^2 	$\Delta IMC \sim N(-0.98, 1.38^2)$ Δ Função Física $\sim N(4.86, 17.22^2)$ Δ Desempenho Física $\sim N(3.07, 16.39^2)$ Δ Dor $\sim N(0.85, 34.34^2)$ Δ Saúde Geral $\sim N(6.75, 12.42^2)$ Δ Vitalidade $\sim N(12.91, 59.23^2)$ Δ Função Social $\sim N(4.48, 21.77^2)$ Δ Desempenho Emocional $\sim N(3.07, 16.48^2)$ Δ Saúde Mental $\sim N(4.86, 13.26^2)$

4.3.3 Interface de Simulação

Depois de definida a amostra da população a introduzir na simulação, e as respectivas funções de influência das intervenções, foi criado um modelo no software NetLogo onde foram introduzidas todas as características. De seguida, foi criada uma interface, através da qual é possível exportar os diferentes outputs do modelo, como por exemplo, o número de diabéticos ou obesos na amostra da população, bem como o valor da HbA1c ou IMC após determinada intervenção, como se pode observar na Figura 4.2.

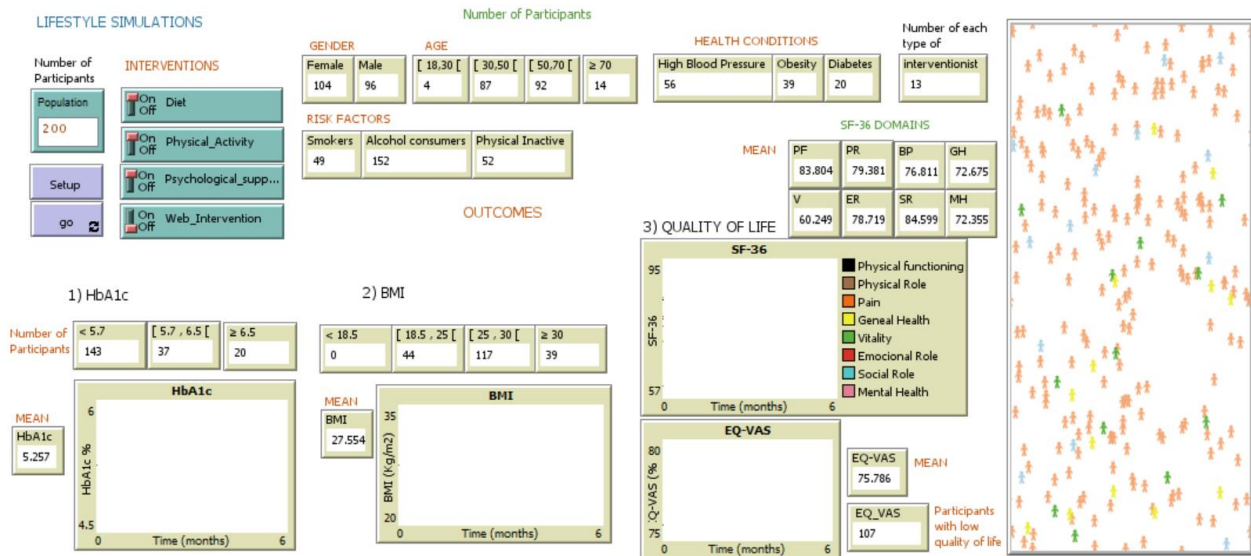


Figura 4.2. Interface completa do modelo de simulação na baseline

A interface está dividida em quatro secções: os comandos (Figura 4.3), as características dos participantes (Figura 4.4), o painel de interação (Figura 4.5) e os *outcomes* das intervenções (Figura 4.6). Observemos agora em detalhe, cada uma das secções da interface, com os monitores e respetivas funcionalidades.



Figura 4.3. Secção de comandos

Na secção dos comandos (Figura 4.3), é possível introduzir o número de participantes da amostra da população, através do monitor *Population*. É importante referir que este número corresponde apenas ao número total de participantes, sendo que o número de intervencionistas é calculado com base no número inserido. O botão *Setup* permite fazer reset ao modelo e a todas as características e *outcomes* do mesmo, os valores voltam à *baseline*. Uma vez que a maioria das características são representadas por distribuições, sempre que se carrega em reset, essas características são diferentes de simulação para simulação. É o caso da distribuição das idades, do IMC, da HbA1c, etc. O botão *go* permite que as intervenções selecionadas sejam aplicadas. Não é necessário parar a intervenção, uma vez que esta termina automaticamente, assim que completar o período de seis meses. Como referido na Secção 4.3.2, considera-se que todas as intervenções são

realizadas em seis meses. Esta consideração deve-se ao facto das intervenções iniciais, das quais foram retiradas as funções de influência, terem tempos de duração muito variáveis. Não seria apropriado calcular o impacto de intervenções combinadas com períodos de duração diferentes.

Os quatro botões *switch* correspondem às diferentes intervenções: dieta, atividade física, apoio psicológico e intervenção através da Internet. Se por hipótese, quisermos a intervenção da dieta, basta colocar botão *diet* em *on* e de seguida clicar em *go*, e a intervenção inicia. Para o caso das combinações de intervenções, efetua-se o mesmo sistema. Por exemplo, para a intervenção dieta + atividade física, colocam-se ambos os botões *diet* e *physical_activity* em *on*, e de seguida clica-se em *go*.

Na Figura 4.4, é possível observar cinco tipos de características, em que quatro delas correspondem aos participantes (*gender*, *age*, *health conditions* e *risk factors*), e uma corresponde aos intervencionistas (*number of each type of interventionist*). Estes monitores são representados pelo número de participantes com determinadas características.

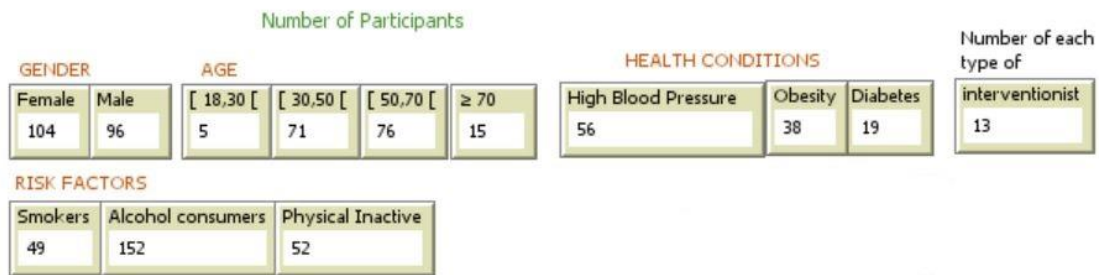


Figura 4.4. Secção com as características dos participantes e número de cada tipo de intervencionistas na baseline

As características relativas ao número de participantes do sexo feminino, masculino, fumadores, alcoólicos, e com pressão alta, mantêm-se constantes ao longo das intervenções e a cada *setup*, uma vez que foram definidos através de percentagens e não são *outcomes* do estudo, por isso, a intervenção não tem influência nestes valores. Quanto à distribuição da idade, estes valores variam sempre que for premido o botão *setup*, pois é representado por uma distribuição normal.

O número de participantes sedentários (*physical inactive*), obesos e diabéticos altera-se com o botão *setup*, e especificamente, diminui ou aumenta ao longo das intervenções, isto porque o número de obesos é determinado pelo *outcome* IMC ≥ 30 , o número de diabéticos é determinado pelo *outcome* HbA1c ≥ 6.5 e a percentagem de sedentários, embora seja sempre igual no início, altera-se quando esses participantes são selecionados para uma intervenção com exercício físico. No canto superior direito, no monitor

interventionist, é possível obter o número de cada grupo de promotores de saúde, neste caso, há 13 PTs, 13 nutricionistas e 13 psicólogos, para uma amostra de 200 participantes.

O painel de interação (Figura 4.5) é uma das principais características da simulação de agentes, isto porque, este painel permite que os agentes interajam entre si, dependendo do raio de distância, e do tipo de intervenção selecionada. Os agentes são aleatoriamente distribuídos. Neste modelo em particular, os participantes interagem com os promotores de saúde, alterando as suas características, dependendo do tipo de intervenção. Os participantes são representados pela cor salmão, os nutricionistas pela cor verde, os psicólogos pela cor amarela e os PTs pelo azul. O grau de interação depende do número e tipo de participantes selecionados para as intervenções. Se forem selecionados um tipo restrito e reduzido de participantes, a interação não será tão visível.

Como se pode observar na Figura 4.5 b), após selecionar a intervenção do exercício físico, os participantes que tenham os critérios de seleção da intervenção ($IMC \geq 25$ ou $HbA1c \geq 6.5$), e que estejam num raio 10, determinado no programa, aproximam-se do PT mais próximo e alteram, em simultâneo, as suas características da *baseline*, como será analisado de seguida. O mesmo acontece quando é selecionada a intervenção de dieta + atividade física + apoio psicológico, neste caso os participantes deslocam-se aleatoriamente para um dos três intervencionistas. Apesar de cada participante apenas se deslocar para um dos promotores, a alteração das características é baseada na combinação das três intervenções. A interação entre os participantes e os promotores de saúde leva a uma alteração dos comportamentos dos participantes, e consequentemente nos *outcomes*, com base nas funções de influência estimadas para cada intervenção.

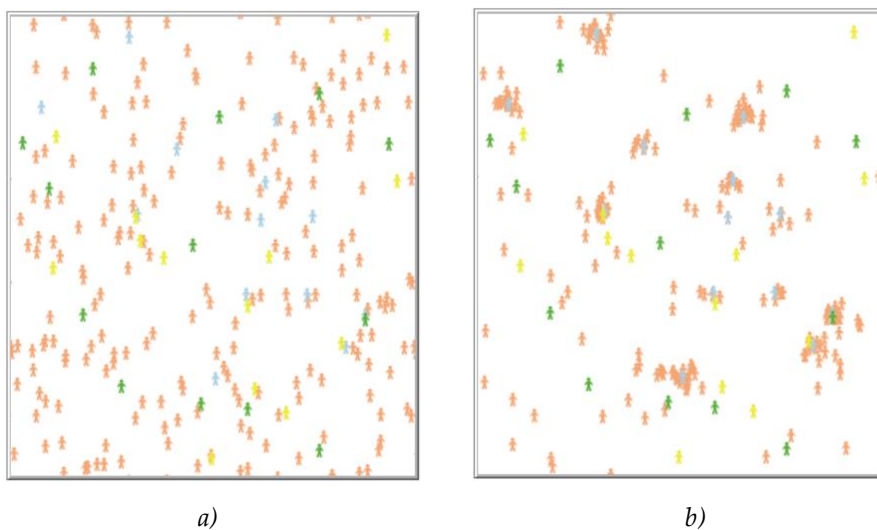


Figura 4.5. Painel de interação a) na baseline e b) após intervenção de exercício físico

Na Figura 4.6 observa-se a secção dos *outcomes* após uma intervenção, estando organizada em três partes: HbA1c, IMC (*BMI*) e qualidade de vida (*quality of life*). Para a HbA1c, temos a informação do número de participantes que tem o valor normal (HbA1c < 5.7), pré-diabetes (HbA1c = [5.7, 6.5]) e diabetes (HbA1c ≥ 6.5), após uma determinada intervenção. O monitor em baixo calcula a média da HbA1c de todos os participantes, e no gráfico é possível observar o comportamento deste valor ao longo da intervenção.

Para o IMC, a interface apresenta o número de participantes que está abaixo de peso (IMC < 18.5), que tem peso normal (IMC = [18.5, 25]), com excesso de peso (IMC = [25, 30]) e obesos (IMC ≥ 30). No monitor em baixo está apresentado o valor da média de IMC de todos os participantes, e no gráfico observa-se o comportamento da média do IMC ao longo da intervenção.

A qualidade de vida é avaliada através da média dos diferentes domínios do SF-36 (PF= Função Física, PR= Desempenho Físico, BP= Dor, GH= Saúde Geral, V= Vitalidade, ER= Desempenho Emocional, SR= Função Social, MH= Saúde Mental), e no gráfico pode ser observado o comportamento destes valores ao longo da intervenção. Relativamente à medida do EQ-5D, a interface apresenta a média do questionário EQ-VAS, o respetivo gráfico e o número de participantes com baixa qualidade de vida, que é avaliada pelo número de participantes que está abaixo do valor médio que foi determinado na Secção 4.3.1. na caracterização da população.

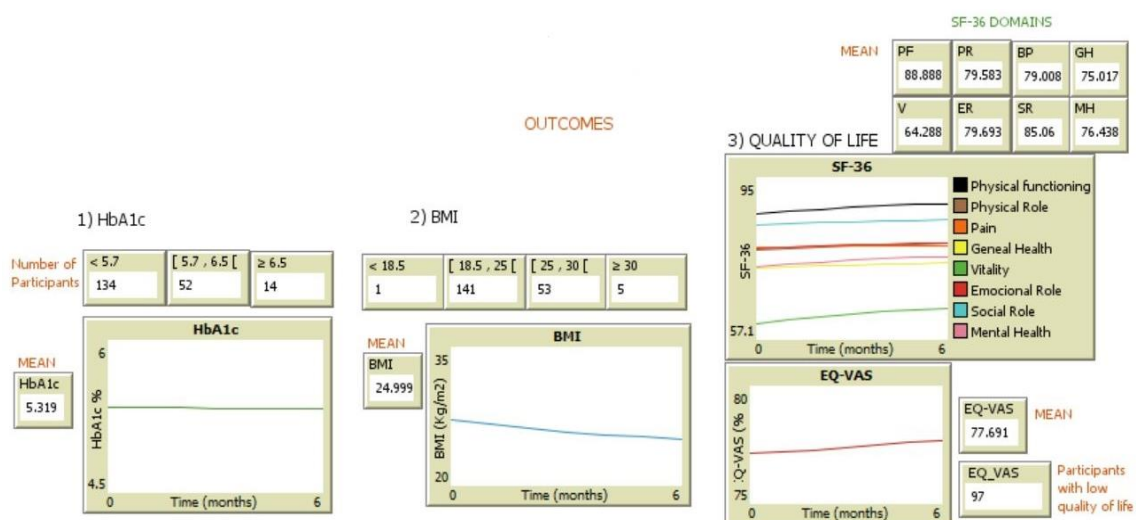


Figura 4.6. Secção dos outcomes da interface após uma intervenção

Ainda na interface, é possível inspecionar e observar um determinado agente selecionado, analisando os seus comportamentos e características. A Figura 4.7 corresponde ao monitor que aparece após selecionar um participante no painel de interação. É

possível observar que este agente corresponde a uma participante com 42 anos de idade, com pressão alta, com excesso de peso (BMI= 26.29), não diabética (HbA1c = 5.59), fisicamente inativa, não fuma, bebe, etc.

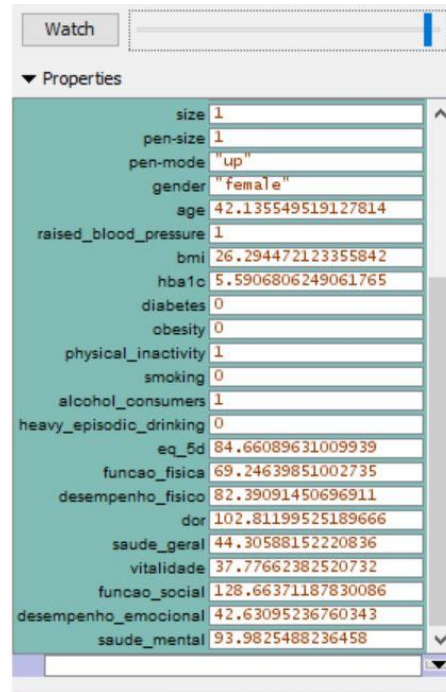


Figura 4.7. Monitor com as características do participante selecionado

Para além da inspeção, podemos observar o comportamento do mesmo agente selecionado, após uma determinada intervenção, na qual este se aproxima do promotor de saúde, neste caso do PT, por ter os critérios de seleção e estar dentro do raio de interação (Figura 4.8).

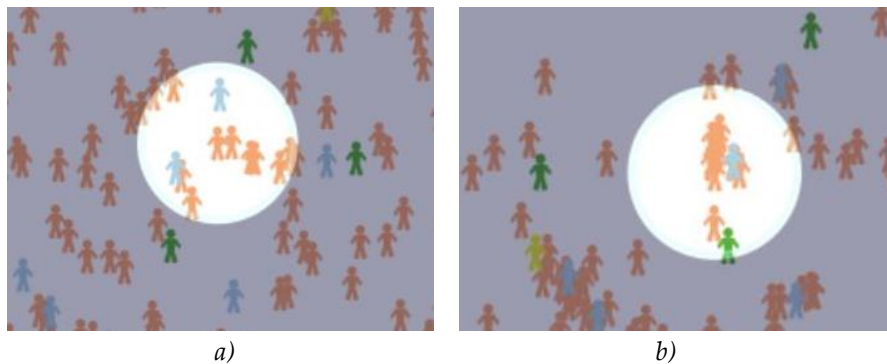


Figura 4.8. Interação do participante a) antes e b) após a intervenção da atividade física



Resultados

O presente capítulo pretende apresentar os resultados obtidos nas diferentes intervenções, bem como comparar e analisar as intervenções, identificando qual a mais eficiente, tendo em conta a amostra de população em questão.

5.1 Análise de Resultados

Os resultados que serão apresentados ao longo desta secção, foram obtidos após 100 replicações de cada intervenção. Devem ser feitas, no mínimo, 30 replicações, mas Rand e Rust [76] sugerem que sejam feitas 100, de forma a que o valor médio se aproxime mais do verdadeiro valor parâmetro. Este passo é fundamental, uma vez que os valores dos *outcomes* da *baseline*, ou após uma intervenção, são gerados aleatoriamente com base nos valores dos parâmetros da distribuição associada à intervenção. Por isso, nunca são exatamente iguais. Assim, ao serem realizadas várias replicações, é possível obter um valor médio para cada variação do *outcome*. Os dados foram exportados para o Excel onde foram calculados os valores da média e desvio padrão.

Para todas as simulações e diferentes intervenções, foi selecionada uma amostra constante de 1000 participantes. Como as características dos *outcomes* e as funções de influência são representadas por distribuições normais, na prática são feitas proporções iguais, independentemente do valor escolhido para a população. No entanto, é necessário escolher um valor significativo que permita observar a interação entre os agentes, e quantificar as alterações no número de participantes que alteram o estado de risco, como por exemplo, obesos ou pré-diabéticos.

5.1.1 Dieta

Em 1000 participantes existem 66 nutricionistas, 66 PTs e 66 psicólogos, sendo no total 198 promotores de saúde. Há cerca de 516 mulheres, 484 homens, 282 indivíduos têm pressão arterial alta (*High Blood Pressure*), 245 fumam (*Smokers*) e 760 são consumidores alcoólicos (*Alcohol Consumers*). Estas características têm valores constantes e inalteráveis, a cada setup e ao longo das intervenções. Os valores de incidência dos intervalos de idades, dos participantes, variam em cada *setup*, no entanto os intervalos de idades com maior incidência são sempre [30, 50[e [50, 70[anos.

A Figura 5.1 apresenta um exemplo de uma situação inicial, antes da intervenção da dieta, cuja interface apresenta os valores da *baseline*. Nesta amostra de 1000 participantes, a maior prevalência de idades incide no intervalo de [30, 50[e [50, 70[anos, com 379 e 402 participantes cada, respetivamente. Cerca de 261 são sedentários, 192 são obesos e 106 são diabéticos. O número de sedentários mantém-se constante ao longo da intervenção, tendo em conta que é uma intervenção de dieta.

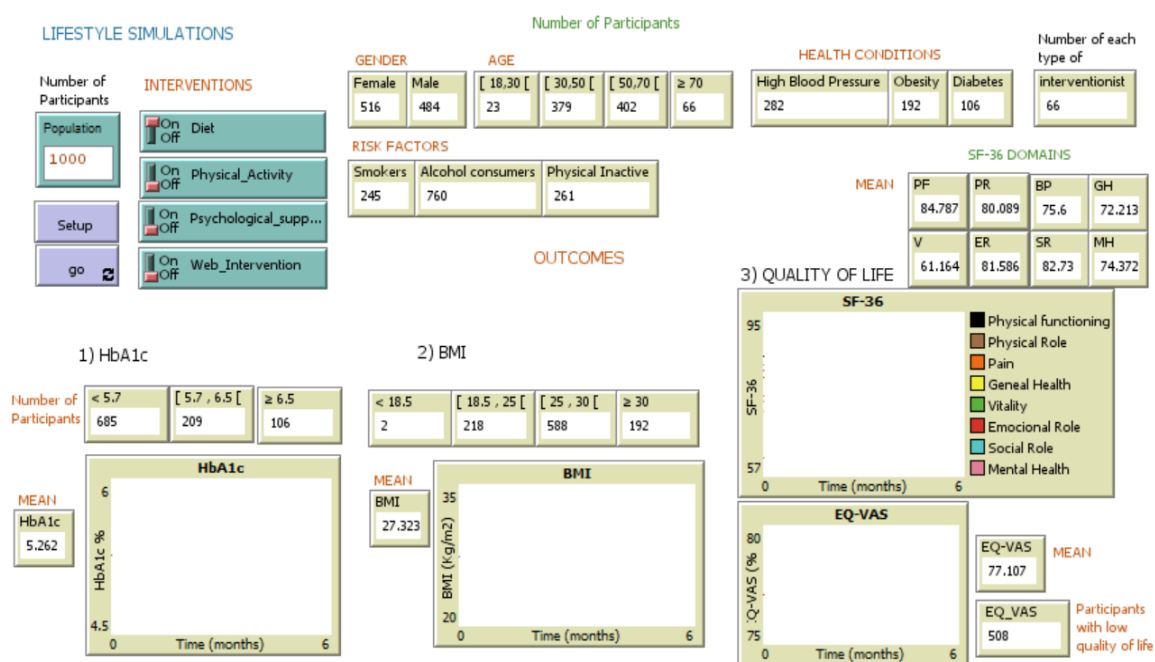


Figura 5.1. Interface setup de uma das simulações, com os valores da *baseline* antes da intervenção da dieta

A Figura 5.2 corresponde à situação posterior, em que é aplicada a intervenção da dieta. Os valores dos *outcomes* alteram-se, e a interface apresenta os novos valores. Este exemplo corresponde apenas a uma simulação. Seguidamente serão apresentados os valores das médias de 100 replicações.

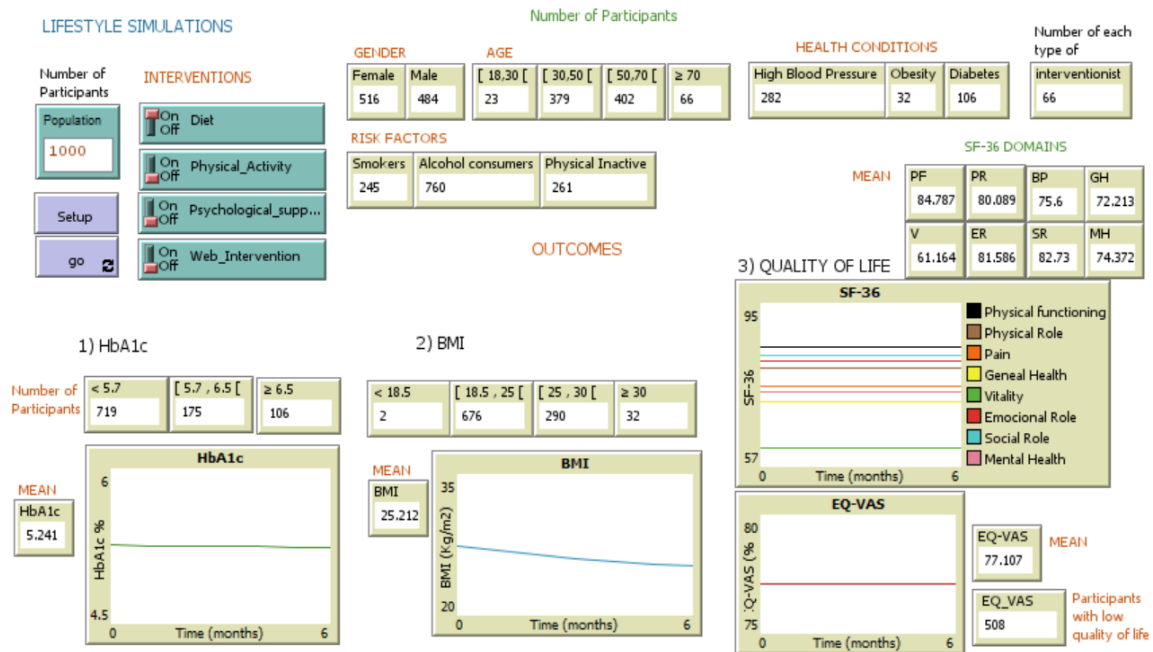


Figura 5.2. Interface com os outcomes, numa das simulações, após a intervenção Dieta

Após as 100 replicações, para uma amostra inicial de 1000 participantes, a maior prevalência de idades incide no intervalo de $[30, 50[$ e $[50, 70[$ anos, com 384 ± 12 e 522 ± 12 participantes cada, respetivamente. Na Tabela 5.1 podem ser analisadas as características da população na *baseline* e no fim da intervenção, e a Tabela 5.2 apresenta os *outcomes*.

Tabela 5.1. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
Obesos	192.730 \pm 13.381	31.630 \pm 5.021	-161.100 \pm 13.156
Pré-obesos	579.120 \pm 15.460	304.230 \pm 16.649	-274.890 \pm 25.038
Peso normal	225.940 \pm 13.445	661.930 \pm 16.430	435.990 \pm 15.655
Peso reduzido	2.210 \pm 1.409	2.210 \pm 1.409	0
Diabéticos	97.710 \pm 9.469	97.710 \pm 9.469	0
Pré-diabéticos	226.770 \pm 14.570	185.700 \pm 13.424	-41.070 \pm 6.599
Não diabéticos	675.520 \pm 15.400	716.590 \pm 14.802	41.070 \pm 6.599

Tabela 5.2. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
IMC (kg/m^2)	27.309 \pm 0.098	25.210 \pm 0.064	-2.098 \pm 0.050
HbA1c (%)	5.261 \pm 0.028	5.241 \pm 0.027	-0.020 \pm 0.002

Através da análise das Tabelas 5.1 – 5.2, podemos concluir que após a intervenção da dieta, a média da HbA1c sofreu uma redução de 0.02 ± 0.002 %, passou de 5.261% para 5.241%. A população-alvo desta intervenção são os pré-diabéticos, sendo que este número diminuiu de 227 para 186 participantes, ou seja, aproximadamente 41 pessoas deixam de estar em risco. O número de diabéticos ($HbA1c \geq 6.5$) manteve-se constante, o que era de esperar, visto que as pessoas em risco de desenvolver diabetes, não desenvolveram. Apesar da diferença da média ser muito pequena, é importante ter em conta, que o *outcome* analisado é uma variável global, ou seja, não é apenas a média correspondente aos indivíduos, que realizaram esta intervenção em específico, mas sim da população em geral.

Quanto ao índice de massa corporal, a população-alvo corresponde a pessoas com excesso de peso ($IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$). A média do IMC passou de 27.309 Kg/m^2 para 25.210 Kg/m^2 , sendo uma redução de $2.098 \pm 0.050 \text{ Kg/m}^2$. Cerca de 161 pessoas deixaram de ser obesas, de 193 passaram para 32. Aproximadamente 275 participantes deixaram de estar na categoria de pré-obesidade, e cerca de 436 atingiram o intervalo de peso normal. Não foram encontradas informações desta intervenção para a qualidade de vida, assim os valores não apresentam alteração.

Na Figura 5.3, pode ser observada a interação entre os agentes, especificamente entre os participantes, com os critérios de seleção, e os nutricionistas (agentes a verde), através da aproximação destes. Esta interação é apenas um exemplo representativo de uma única simulação.

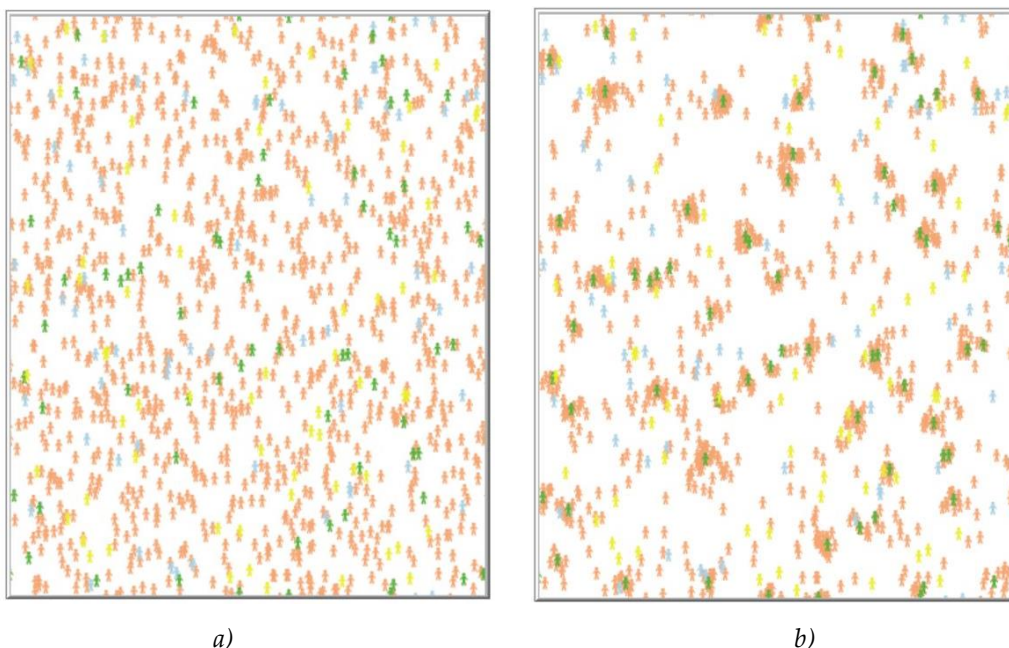


Figura 5.3. Painel de interação a) na baseline e b) após intervenção da Dieta

5.1.2 Atividade Física

Após o *setup* à intervenção anterior, os valores voltam à *baseline*, e só depois se inicia a intervenção da atividade física. Os valores da *baseline* não são exatamente iguais aos valores anteriores, pois são gerados aleatoriamente. Nas Tabelas 5.3 – 5.4 encontram-se resumidos os resultados obtidos, antes e após a intervenção da atividade física.

Tabela 5.3. Número de participantes com os atributos na *baseline* e no fim da intervenção da atividade física

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Varição ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	190.140 \pm 11.103	133.480 \pm 10.375	-56.660 \pm 7.135
<i>Pré-obesos</i>	580.960 \pm 13.858	561.100 \pm 15.971	-19.860 \pm 11.863
<i>Peso normal</i>	226.460 \pm 12.583	302.980 \pm 15.166	76.520 \pm 8.147
<i>Peso reduzido</i>	2.440 \pm 1.395	2.440 \pm 1.395	0
<i>Diabéticos</i>	98.440 \pm 10.220	98.440 \pm 10.220	0
<i>Pré-diabéticos</i>	223.600 \pm 12.546	223.600 \pm 12.546	0
<i>Não diabéticos</i>	677.960 \pm 14.725	677.960 \pm 14.725	0
<i>Sedentários</i>	261.000 \pm 0.000	69.950 \pm 7.067	-191.050 \pm 7.067

Tabela 5.4. Valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção da atividade física

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Varição ($\mu \pm \sigma$)
<i>IMC (kg/m²)</i>	27.296 \pm 0.108	26.759 \pm 0.100	-0.537 \pm 0.011
<i>HbA1c (%)</i>	5.255 \pm 0.032	5.219 \pm 0.030	-0.036 \pm 0.004

Através da análise das Tabelas 5.3 – 5.4, podemos verificar que o número de participantes sedentários diminuiu, passando de 261 para aproximadamente 70 indivíduos, uma vez que estes foram sujeitos a uma intervenção de exercício físico.

A média da HbA1c passou de 5.255% para 5.219%, sofrendo uma redução de 0.036 \pm 0.004 %. A população-alvo desta intervenção são os diabéticos, pelo que não há qualquer alteração no número destes participantes, nem dos pré-diabéticos.

Quanto ao índice de massa corporal, a população-alvo corresponde a pessoas com excesso de peso ($IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$). A média do IMC passou de 27.296 Kg/m^2 para 26.759 Kg/m^2 , sendo uma redução de 0.537 \pm 0.011 Kg/m^2 . Em média, cerca de 57

peessoas deixaram de ser obesas, 20 deixaram de estar na categoria de pré-obesidade e cerca de 77 participantes atingiram o peso normal, ficando esta categoria com um total de 303 pessoas, aproximadamente. Não foram encontradas informações deste tipo de intervenção para a qualidade de vida, assim os valores mantêm-se constantes à *baseline*.

A interação entre os agentes, especificamente entre os participantes, com os critérios de seleção, e os PTs (agentes a azul), pode ser observada através da aproximação destes, no Anexo B.1.

5.1.3 Apoio Psicológico

Após a reposição dos valores da *baseline*, podemos verificar, na Tabela 5.5, que após 100 replicações, numa situação inicial, há aproximadamente uma média 192 obesos, 99 diabéticos e 261 sedentários. Para a intervenção do apoio psicológico, apenas existem valores para o *outcome* do HbA1c. A Tabela 5.6 apresenta as alterações nos valores dos *outcomes*.

Tabela 5.5. Número de participantes com os atributos na *baseline* e no fim da intervenção do apoio psicológico

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	192.340 \pm 11.246	192.340 \pm 11.246	0
<i>Pré-obesos</i>	580.530 \pm 17.428	580.530 \pm 17.428	0
<i>Peso normal</i>	224.940 \pm 13.506	224.940 \pm 13.506	0
<i>Peso reduzido</i>	2.190 \pm 1.501	2.190 \pm 1.501	0
<i>Diabéticos</i>	99.820 \pm 10.306	99.820 \pm 10.306	0
<i>Pré-diabéticos</i>	224.510 \pm 14.102	224.510 \pm 14.102	0
<i>Não diabéticos</i>	675.670 \pm 16.842	675.670 \pm 16.842	0

Tabela 5.6. Valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção do apoio psicológico

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>HbA1c (%)</i>	5.258 \pm 0.035	5.240 \pm 0.033	-0.018 \pm 0.003

Como apresentado nas Tabelas 5.5 – 5.6, a média do valor da HbA1c passou de 5.258% para 5.240%, havendo uma redução de 0.018 ± 0.003 % do valor inicial. Os diabéticos são a população-alvo desta intervenção, assim, não há qualquer alteração no número de participantes diabéticos ou pré-diabéticos. O número de obesos e pré-obesos também não se alteram.

No Anexo B.2, pode ser observada a interação entre os participantes da intervenção e os psicólogos (agentes amarelos). No entanto, esta interação é visivelmente mais reduzida uma vez que apenas os participantes diabéticos ou diabéticos com idade ≤ 60 anos e HbA1c $\geq 8.5\%$ entram na intervenção.

5.1.4 Dieta + Atividade Física

Depois da intervenção anterior, e antes de se iniciar uma nova intervenção, é necessário repor os valores da *baseline*, através do botão *setup*. Nos Anexos C.1 – C.2 encontra-se um exemplo da interface de simulação na *baseline* e após a intervenção dieta + atividade física.

Na Tabela 5.7 encontram-se os resultados para a situação *baseline*, de uma população de 1000 participantes, na qual existem em média, 193 obesos, 98 diabéticos e 261 participantes sedentários. A Tabela 5.8 apresenta os valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção.

Tabela 5.7. Número de participantes com os atributos na *baseline* e no fim da intervenção da dieta + atividade física

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	192.500 \pm 14.051	29.560 \pm 5.523	-162.940 \pm 12.793
<i>Pré-obesos</i>	577.470 \pm 16.116	286.640 \pm 15.288	-290.830 \pm 25.276
<i>Peso normal</i>	227.660 \pm 12.712	681.430 \pm 16.156	453.770 \pm 16.638
<i>Peso reduzido</i>	2.370 \pm 1.286	2.370 \pm 1.286	0
<i>Diabéticos</i>	98.810 \pm 8.407	98.810 \pm 8.407	0
<i>Pré-diabéticos</i>	222.760 \pm 11.288	222.760 \pm 11.288	0
<i>Não diabéticos</i>	678.430 \pm 12.780	678.430 \pm 12.780	0
<i>Sedentários</i>	261.000 \pm 0.000	73.520 \pm 7.164	-187.480 \pm 7.164
<i>Participantes com baixa qualidade de vida</i>	498.190 \pm 16.289	486.490 \pm 16.306	-11.700 \pm 3.161

Tabela 5.8. Valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção da dieta + atividade física

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
IMC (kg/m^2)	27.298 ± 0.096	25.145 ± 0.065	-2.153 ± 0.050
HbA1c (%)	5.257 ± 0.028	5.233 ± 0.028	-0.024 ± 0.003
EQ-VAS (%)	77.031 ± 0.670	77.712 ± 0.683	0.681 ± 0.080

Através da análise das Tabelas 5.7 – 5.8, observamos uma diminuição, em média de 187 participantes sedentários, o número passou de 261 para, aproximadamente, 74 indivíduos. Podemos concluir que a média da HbA1c diminuiu $0.024 \pm 0.003\%$, passou de 5.257% para 5.233%.

A intervenção, que avalia este *outcome*, é exclusivamente para diabéticos, por isso, o número de participantes pré-diabéticos e diabéticos não varia.

Em relação ao IMC, a média passou de $27.298\text{ Kg}/m^2$ para $25.145\text{ Kg}/m^2$, o que corresponde a uma descida de $2.153 \pm 0.050\text{ Kg}/m^2$. A população-alvo são participantes com $IMC \geq 25\text{ Kg}/m^2$, em média 163 participantes deixaram de ser obesos, passando de 193 para 30, aproximadamente. Em média, cerca de 291 participantes deixaram de ter pré-obesidade, o número inicial era de 577 e passou para 287, sendo que, no total cerca de 454 pessoas atingiram a categoria de peso normal. Com esta intervenção, em média 187 participantes deixaram de ser sedentários.

A qualidade de vida pode ser avaliada pela escala do EQ-VAS, este valor subiu de 77.031% para 77.712%, correspondendo a um aumento de $0.681 \pm 0.080\%$. Em média, 12 participantes passaram para a categoria de boa qualidade de vida, avaliada pelo valor médio europeu. Apenas os diabéticos entraram na intervenção que avalia este *outcome*.

No Anexo B.3, pode ser analisada a interação entre os participantes e dois tipos de promotores de saúde: os nutricionistas (agentes verdes) e os PTs (agentes azuis), através da aproximação dos participantes, que tenham os critérios de seleção especificados e estejam no raio dos intervencionistas.

5.1.5 Dieta + Apoio Psicológico

Nas Tabelas 5.9 – 5.10 encontram-se resumidos os resultados obtidos, antes e após a intervenção da dieta + apoio psicológico. Podemos verificar que na *baseline*, para

uma população de 1000 participantes, após 100 replicações, existem em média 192 obesos, 99 diabéticos e 261 indivíduos sedentários, este último número mantém-se constante, após a intervenção.

Tabela 5.9. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da dieta + apoio psicológico

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	191.720 \pm 11.592	31.970 \pm 5.536	-159.750 \pm 11.403
<i>Pré-obesos</i>	579.560 \pm 15.292	302.270 \pm 15.445	-277.290 \pm 23.401
<i>Peso normal</i>	226.650 \pm 14.434	663.690 \pm 15.625	437.040 \pm 16.754
<i>Peso reduzido</i>	2.070 \pm 1.177	2.070 \pm 1.177	0
<i>Diabéticos</i>	99.300 \pm 9.416	99.300 \pm 9.416	0
<i>Pré-diabéticos</i>	223.260 \pm 13.380	183.330 \pm 13.404	-39.930 \pm 6.504
<i>Não diabéticos</i>	677.440 \pm 14.652	717.370 \pm 15.893	39.930 \pm 6.504

Tabela 5.10. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da dieta + apoio psicológico

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>IMC (kg/m²)</i>	27.299 \pm 0.103	25.211 \pm 0.063	-2.089 \pm 0.057
<i>HbA1c (%)</i>	5.260 \pm 0.029	5.231 \pm 0.028	-0.028 \pm 0.002

Após a intervenção da dieta + apoio psicológico podemos verificar, pelas Tabelas 5.9 – 5.10, que o valor médio da HbA1c diminuiu $0.028 \pm 0.002\%$, passou de 5.260% para 5.231% . A população-alvo das intervenções que foram juntas, e avaliam este *outcome*, correspondem aos diabéticos e pré-diabéticos. Como se verifica, o número de diabéticos ($HbA1c \geq 6.5$) mantém-se constante, e o número de pré-diabéticos diminuiu para 183, ou seja, em média, 40 participantes deixaram de estar em risco elevado de desenvolver diabetes, e atingiram os valores de HbA1c considerados normais.

Quanto ao *outcome* do IMC, a população-alvo são participantes com o $IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$, ou seja, pré-obesos e obesos. A média decresceu $2.089 \pm 0.057 \text{ Kg/m}^2$, passou de 27.299 Kg/m^2 para 25.211 Kg/m^2 . Inicialmente, havia, em média, 192 obesos, após a intervenção ficaram apenas 32, ou seja, cerca de 160 participantes deixaram esta categoria. Em média, 278 indivíduos deixaram de estar na categoria de pré-obesidade e 437

participantes atingiram o peso considerado aceitável. Não existem dados relativos à qualidade de vida, assim os valores da *baseline* mantêm-se constantes.

5.1.6 Atividade Física + Apoio Psicológico

Após 100 replicações para a intervenção da atividade física + apoio psicológico, obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 5.11 – 5.12. Numa situação inicial, em 1000 participantes, existem em média aproximadamente 192 obesos, 98 diabéticos e 261 sedentários.

Tabela 5.11. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da atividade física + apoio psicológico

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	192.410 \pm 12.321	134.670 \pm 10.999	-57.740 \pm 7.904
<i>Pré-obesos</i>	576.610 \pm 14.855	557.470 \pm 15.044	-19.140 \pm 12.635
<i>Peso normal</i>	228.720 \pm 12.635	305.600 \pm 14.566	76.880 \pm 8.457
<i>Peso reduzido</i>	2.260 \pm 1.453	2.260 \pm 1.453	0
<i>Diabéticos</i>	97.620 \pm 9.677	97.620 \pm 9.677	0
<i>Pré-diabéticos</i>	223.590 \pm 11.891	223.590 \pm 11.891	0
<i>Não diabéticos</i>	678.790 \pm 12.965	678.790 \pm 12.965	0
<i>Sedentários</i>	261.000 \pm 0.000	70.800 \pm 7.842	-190.200 \pm 7.842

Tabela 5.12. Valores dos outcomes na baseline e após a intervenção da atividade física + apoio psicológico

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>IMC (kg/m²)</i>	27.289 \pm 0.095	26.755 \pm 0.088	-0.534 \pm 0.011
<i>HbA1c (%)</i>	5.256 \pm 0.028	5.219 \pm 0.025	-0.038 \pm 0.005

Pela análise dos resultados da intervenção da atividade física + apoio psicológico, nas Tabelas 5.11 – 5.12, o número de indivíduos sedentários diminuiu, em média, de 261 para 70. A média da HbA1c diminuiu 0.038 \pm 0.005%, passando de 5.256% para 5.219%.

Os diabéticos são a população-alvo das intervenções que avaliam este *outcome*, por isso, não há alteração do número de participantes com pré-diabetes ou diabetes.

Os participantes selecionados para as intervenções que avaliam o IMC, são pré-obesos e obesos, sendo que a média do IMC passou de 27.289 Kg/m^2 para 26.755 Kg/m^2 , correspondendo a uma diminuição de $0.534 \pm 0.011 \text{ Kg/m}^2$. No total, houve, aproximadamente, uma redução de 58 obesos, 19 pré-obesos e um aumento de 77 participantes com o peso normal.

Os valores da qualidade de vida mantêm-se constantes aos da *baseline*, pois não foram encontradas funções de influência desta intervenção, no SF-36 ou EQ-VAS.

5.1.7 Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico

Após a reposição dos valores da *baseline*, podemos verificar, na Tabela 5.13, que ao fim de 100 replicações, numa situação inicial, há aproximadamente em média 195 obesos, 99 diabéticos e 261 sedentários. A Tabela 5.14 apresenta as respetivas alterações nos valores dos *outcomes*. Nos Anexos C.3 – C.4 encontra-se um exemplo da interface de simulação para a situação *baseline* e final.

Tabela 5.13. Número de participantes com os atributos na *baseline* e no fim da intervenção da dieta + atividade física + apoio psicológico

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	194.570 ± 12.797	29.770 ± 5.336	-164.770 ± 12.472
<i>Pré-obesos</i>	577.690 ± 15.299	288.660 ± 13.448	-289.030 ± 22.174
<i>Peso normal</i>	225.490 ± 12.404	679.320 ± 13.200	453.830 ± 13.565
<i>Peso reduzido</i>	2.250 ± 1.627	2.250 ± 1.627	0
<i>Diabéticos</i>	99.180 ± 9.581	99.180 ± 9.581	0
<i>Pré-diabéticos</i>	224.220 ± 15.150	184.910 ± 14.401	-39.310 ± 6.420
<i>Não diabéticos</i>	676.600 ± 16.165	715.910 ± 14.948	39.310 ± 6.420
<i>Sedentários</i>	261.000 ± 0.000	59.280 ± 7.273	-201.720 ± 7.273
<i>Participantes com baixa qualidade de vida</i>	500.060 ± 15.474	487.670 ± 15.296	-12.390 ± 3.493

Tabela 5.14. Valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção da dieta + atividade física + apoio psicológico

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
IMC (kg/m^2)	27.313 \pm 0.093	25.153 \pm 0.061	-2.160 \pm 0.051
HbA1c (%)	5.255 \pm 0.031	5.197 \pm 0.028	-0.058 \pm 0.005
EQ-VAS (%)	77.008 \pm 0.714	77.707 \pm 0.723	0.699 \pm 0.097
Função Física (%)	84.157 \pm 0.701	86.619 \pm 0.711	2.462 \pm 0.082
Desempenho Físico (%)	80.875 \pm 1.021	82.634 \pm 1.019	1.759 \pm 0.058
Dor (%)	75.200 \pm 0.705	76.075 \pm 0.707	0.874 \pm 0.030
Saúde Geral (%)	71.887 \pm 0.657	73.294 \pm 0.650	1.407 \pm 0.047
Vitalidade (%)	60.864 \pm 0.663	64.733 \pm 0.696	3.869 \pm 0.128
Desempenho Emocional (%)	81.182 \pm 1.079	82.589 \pm 1.082	1.407 \pm 0.047
Função Social (%)	83.918 \pm 0.790	85.149 \pm 0.786	1.231 \pm 0.041
Saúde Mental (%)	74.728 \pm 0.583	77.191 \pm 0.581	2.462 \pm 0.082

Após uma análise dos resultados obtidos nesta intervenção, verifica-se que o número de sedentários diminuiu de 261 para 59, ou seja, em média 202 participantes iniciaram práticas de exercício físico. Comparando com os valores da *baseline*, verifica-se que a média da HbA1c desceu $0.058 \pm 0.005\%$, inicialmente era 5.255% e passou para 5.197%. Os pré-diabéticos e diabéticos correspondem à população-alvo das intervenções que avaliam este *outcome*, assim houve uma diminuição do número de participantes com pré-diabetes, este número decresceu em média de 224 para 185 indivíduos, ou seja, cerca de 39 participantes deixaram de estar em risco elevado de desenvolver diabetes. Não houve alterações no número de diabéticos, como esperado.

Quanto ao IMC, o valor da média passou de 27.313 Kg/m^2 para 25.153 Kg/m^2 , correspondendo a uma descida de $2.160 \pm 0.051 Kg/m^2$. Em média, cerca de 165 participantes deixaram de ser obesos, 289 deixaram de estar na categoria de pré-obesidade e 454 indivíduos atingiram o peso ideal.

A qualidade de vida foi avaliada através da medida do SF-36 e EQ-VAS. Apenas os diabéticos foram sujeitos à intervenção que mede este *outcome*. Em relação ao EQ-VAS, o valor da média passou de 77.008% para 77.707%, correspondendo a um aumento

de $0.699 \pm 0.097\%$. Num total de cerca de 500 participantes com má qualidade de vida, aproximadamente, 12 deixaram esta categoria.

Quanto ao SF-36, a média da função física (PF) aumentou $2.462 \pm 0.082\%$, o desempenho físico (PR) aumentou $1.759 \pm 0.058\%$, a dor corporal (BP) aumentou $0.874 \pm 0.030\%$, a saúde geral (GH) aumentou $1.407 \pm 0.047\%$, a vitalidade (V) aumentou $3.869 \pm 0.128\%$, o desempenho emocional (ER) aumentou $1.407 \pm 0.047\%$, a função social (SR) aumentou $1.231 \pm 0.041\%$ e a saúde mental (MH) aumentou $2.462 \pm 0.082\%$.

A interação entre os agentes, especificamente entre os participantes e os nutricionistas (agentes verdes), entre os participantes e os PTs (agentes azuis) e entre os participantes e os psicólogos (agentes amarelos), pode ser observada no Anexo B.4.

5.1.8 Intervenção Internet (Dieta + Atividade física)

Após as 100 replicações para a intervenção da atividade física + apoio psicológico, obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 5.11 – 5.12. Numa situação inicial, em 1000 participantes, existem em média 193 obesos, 97 diabéticos e 261 sedentários.

Tabela 5.15. Número de participantes com os atributos na baseline e no fim da intervenção da Internet

Número de participantes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>Obesos</i>	192.890 \pm 10.440	139.730 \pm 9.506	-53.160 \pm 6.162
<i>Pré-obesos</i>	578.310 \pm 14.639	546.780 \pm 15.899	-31.530 \pm 11.207
<i>Peso normal</i>	226.560 \pm 11.690	311.250 \pm 13.034	84.690 \pm 8.105
<i>Peso reduzido</i>	2.240 \pm 1.582	2.240 \pm 1.582	0
<i>Diabéticos</i>	97.150 \pm 9.152	97.150 \pm 9.152	0
<i>Pré-diabéticos</i>	224.170 \pm 14.035	224.170 \pm 14.035	0
<i>Não diabéticos</i>	678.680 \pm 15.516	678.680 \pm 15.516	0
<i>Sedentários</i>	261.000 \pm 0.000	102.420 \pm 7.284	-158.580 \pm 7.284

Tabela 5.16. Valores dos *outcomes* na *baseline* e após a intervenção da Internet

Outcomes	Baseline ($\mu \pm \sigma$)	Fim da intervenção ($\mu \pm \sigma$)	Variação ($\mu \pm \sigma$)
<i>IMC (kg/m^2)</i>	27.300 \pm 0.087	26.775 \pm 0.081	-0.525 \pm 0.020
<i>HbA1c (%)</i>	5.252 \pm 0.033	5.233 \pm 0.032	-0.019 \pm 0.005
<i>Função Física (%)</i>	84.128 \pm 0.723	86.729 \pm 0.732	2.601 \pm 0.152
<i>Desempenho Físico (%)</i>	80.994 \pm 1.060	82.653 \pm 1.097	1.659 \pm 0.171
<i>Dor (%)</i>	75.060 \pm 0.626	75.483 \pm 0.735	0.423 \pm 0.295
<i>Saúde Geral (%)</i>	71.884 \pm 0.608	75.502 \pm 0.638	3.618 \pm 0.149
<i>Vitalidade (%)</i>	60.908 \pm 0.667	67.833 \pm 0.929	6.924 \pm 0.654
<i>Desempenho Emocional (%)</i>	81.334 \pm 1.073	82.988 \pm 1.081	1.654 \pm 0.167
<i>Função Social (%)</i>	83.877 \pm 0.747	86.267 \pm 0.770	2.389 \pm 0.202
<i>Saúde Mental (%)</i>	74.715 \pm 0.556	87.562 \pm 0.666	12.848 \pm 0.379

Através da análise dos resultados das Tabelas 5.15 – 5.16, observa-se que o número de participantes sedentários diminuiu, aproximadamente, em 159 pessoas, inicialmente eram 261 e ficaram apenas 102, isto acontece porque esta intervenção inclui exercício físico. A média da HbA1c passou de 5.252% para 5.233%, correspondendo a um decréscimo de 0.019 \pm 0.005%.

A média do IMC diminuiu 0.525 \pm 0.020 Kg/m^2 , o valor inicial era de 27.300 Kg/m^2 e passou para 26.775 Kg/m^2 . Após a intervenção, aproximadamente 53 participantes deixaram de ser obesos, 32 deixaram a categoria de pré-obesidade e cerca de 85 atingiram o peso ideal.

A qualidade de vida foi medida pelo SF-36 e apenas participantes com excesso de peso ou obesos foram submetidos a esta intervenção. A média da função física (PF) aumentou, aproximadamente, 2.601 \pm 0.152%, o desempenho físico (PR) aumentou 1.659 \pm 0.171%, a dor corporal (BP) aumentou 0.423 \pm 0.295%, a saúde geral (GH) aumentou 3.618 \pm 0.149%, a vitalidade (V) aumentou 6.924 \pm 0.654%, o desempenho emocional (ER) aumentou 1.654 \pm 0.167%, a função social (SR) aumentou 2.389 \pm 0.202% e a saúde mental (MH) aumentou 12.848 \pm 0.379%. Não há informação desta intervenção para o EQ-VAS, assim este valor mantém-se constante ao da *baseline*.

5.2 Discussão de Resultados

Nas Tabelas 5.17 – 5.18 estão apresentados os resultados dos *outcomes*, das intervenções simuladas.

Tabela 5.17. Resultados das intervenções

INTERVENÇÃO	ΔHBA1C (%)	ΔIMC (g/m^2)	$\Delta\text{EQ-VAS}$ (%)
DIETA	-0.020 ± 0.002	-2.098 ± 0.050	_____
ATIVIDADE FÍSICA	-0.036 ± 0.004	-0.537 ± 0.011	_____
APOIO PSICOLÓGICO	-0.018 ± 0.003	_____	_____
DIETA + ATIVIDADE FÍSICA	-0.024 ± 0.003	-2.153 ± 0.050	0.681 ± 0.080
DIETA + APOIO PSICOLÓGICO	-0.028 ± 0.002	-2.089 ± 0.057	_____
ATIVIDADE FÍSICA + APOIO PSICOLÓGICO	-0.038 ± 0.005	-0.534 ± 0.011	_____
DIETA + ATIVIDADE FÍSICA + APOIO PSICOLÓGICO	-0.058 ± 0.005	-2.160 ± 0.051	0.699 ± 0.097
INTERNET (DIETA + ATIVIDADE FÍSICA)	-0.019 ± 0.005	-0.525 ± 0.020	_____

Tabela 5.18. Resultados do outcome SF-36 para a intervenção face-to-face e internet

DOMÍNIOS SF-36	DIETA + ATIVIDADE FÍSICA + APOIO PSICOLÓGICO	INTERNET (DIETA + ATIVIDADE FÍSICA)
$\Delta\text{FUNÇÃO FÍSICA}$ (%)	2.462 ± 0.082	2.601 ± 0.152
$\Delta\text{DESEMPENHO FÍSICO}$ (%)	1.759 ± 0.058	1.659 ± 0.171
ΔDOR (%)	0.874 ± 0.030	0.423 ± 0.295
$\Delta\text{SAÚDE GERAL}$ (%)	1.407 ± 0.047	3.618 ± 0.149
$\Delta\text{VITALIDADE}$ (%)	3.869 ± 0.128	6.924 ± 0.654
$\Delta\text{DESEMPENHO EMOCIONAL}$ (%)	1.407 ± 0.047	1.654 ± 0.167
$\Delta\text{FUNÇÃO SOCIAL}$ (%)	1.231 ± 0.041	2.389 ± 0.202
$\Delta\text{SAÚDE MENTAL}$ (%)	2.462 ± 0.082	12.848 ± 0.379

Das intervenções individuais (com uma variável), a dieta é a mais eficaz para reduzir o IMC, a qual resultou numa perda média de 2.098 Kg/m^2 , por outro lado, a atividade física teve um impacto muito reduzido na variação deste *outcome*, durante os seis meses de intervenção, não havendo dados do IMC para o apoio psicológico. Estes resultados vão de encontro aos esperados, e são sustentados pela literatura encontrada, mostrando que a dieta é mais eficaz na perda de peso, a curto prazo [121]. Sender *et al.* [137] concluíram que após o programa de intervenção, o grupo da atividade física foi o que alcançou uma menor perda de peso, comparando com o grupo da dieta. No entanto, após um período de *follow-up* de um ano, o grupo da dieta ganhou a totalidade do peso inicialmente perdido, enquanto que o grupo do exercício físico manteve a perda de peso. No presente estudo, este efeito não pode ser estudado porque não há acompanhamento da população após a intervenção, contudo é interessante observar que certos resultados não são tão lineares quanto parecem, e que neste caso, a intervenção da atividade física é de facto eficaz, mas a longo prazo.

Quanto à HbA1c, verificou-se que houve um maior impacto neste *outcome* com a intervenção da atividade física, com uma redução média de 0.036%. A dieta e o apoio psicológico obtiveram resultados inferiores e semelhantes, de -0.020% e -0.018%, respetivamente. Estes resultados são comprovados pela literatura [35] [117] [119] e funções de influência inicialmente determinadas, sendo que é importante referir que estas diferenças podem estar associadas ao impacto em diferentes populações-alvo, como é o caso da intervenção da dieta para pré-diabéticos, e da intervenção da atividade física para diabéticos.

Das combinações a pares, a intervenção da dieta + atividade física obteve melhores resultados para a variação do *outcome* do IMC, com uma redução total média de 2.153 Kg/m^2 . Este resultado era o esperado [121], tendo em conta que não foi encontrado o impacto do apoio psicológico no IMC. Por outro lado, a intervenção da atividade física + apoio psicológico demonstrou ser mais eficaz para a redução de HbA1c. Este resultado não corresponde ao esperado, uma vez que, observando as intervenções individuais da dieta e da atividade física, estas têm melhores resultados para a variação deste *outcome*. Assim, esperava-se que a intervenção dieta + atividade física obtivesse também resultados superiores, no entanto é a combinação de intervenções com menor redução de HbA1c (-0.024%). Este resultado deve-se à soma efetuada entre a influência da atividade física e a do apoio psicológico na HbA1c, porque ambas as intervenções têm a mesma população. Na intervenção da dieta + atividade física não foram somadas diretamente, uma vez que a função de influência desta combinação foi retirada da literatura [19], não sendo por isso, linear quando comparada com as intervenções individuais, em separado.

Ou seja, no primeiro caso (atividade física + apoio psicológico), as funções são somadas antes da intervenção, dando origem a um resultado, no segundo caso (dieta + atividade física), a intervenção decorre apenas com uma função de influência, para uma população específica.

Neste estudo existem apenas duas estratégias de intervenção diferentes, que podem ser comparadas: intervenção pela Internet (dieta + atividade física) e intervenção *face-to-face* (dieta + atividade física). A estratégia de transmissão pela Internet não obteve resultados tão significativos ($\Delta\text{HbA1c} = -0.019$ e $\Delta\text{IMC} = -0.525$), vários estudos indicam que este fator deve-se à falta de motivação e acompanhamento dos participantes, levando a uma elevada taxa de desistência e consequentemente, a uma menor taxa de sucesso [138] [139]. No entanto, é uma boa alternativa às intervenções tradicionais, através da qual é possível transmitir o mesmo programa a um número mais abrangente de participantes, sem necessidade de um número tão elevado de recursos [140].

Como esperado, a combinação das três intervenções é a mais completa e a qual se obtêm melhores resultados na variação dos *outcomes* da HbA1c (-0.058%), IMC (-2.143 Kg/m^2) e qualidade de vida (EQ-VAS: $+0.626\%$). Apesar da intervenção pela Internet (dieta + atividade física) obter resultados superiores na maioria dos domínios do SF-36, a intervenção da dieta + atividade física + apoio psicológico é, no geral, a mais eficaz.

É importante referir que a alteração de alguns *outcomes* foi pouco significativa, como é o caso do EQ-VAS e da HbA1c. Isto deve-se ao período relativamente curto de simulação. Sendo que estas alterações correspondiam a intervenções com durações compreendidas entre um mês e meio e seis meses, e foram todas consideradas com uma duração igual de seis meses. Assim, não é possível observar o impacto a longo prazo.

Os *outcomes* incluídos no estudo revelaram uma enorme importância na saúde dos indivíduos. Pequenas alterações no valor da HbA1c levaram a que, por exemplo, participantes com pré-diabetes, e em risco elevado de desenvolverem diabetes ou outras doenças crónicas, alterassem o seu estado. O mesmo aconteceu para os obesos e pré-obesos, em relação ao *outcome* do IMC. Estudos indicam que a redução de 1% no valor da HbA1c está associada a uma diminuição de 14% no risco de enfarte de miocárdio, de 37% em complicações cardiovasculares, de 21% em morte por diabetes [141] e redução de 28% na mortalidade por diferentes causas [119]. Adicionalmente, indivíduos com excesso de peso ou obesos têm um risco elevado de desenvolverem doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão, certos tipos de cancro e outras doenças crónicas [122]. O *outcome* da qualidade de vida está diretamente relacionado com o estado de saúde dos

indivíduos, desde a componente física, mental à social. Seja qual for a intervenção, a tendência é aumentar a qualidade de vida, uma vez que uma diminuição do IMC, e da HbA1c estão relacionados com um aumento da qualidade de vida [35] [142].



Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste último capítulo serão apresentadas as conclusões desta dissertação, e as limitações da ferramenta desenvolvida, bem como as previsões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões Gerais

O desenvolvimento desta dissertação permitiu compreender e determinar o efeito de diferentes intervenções de promoção de estilos de vida saudáveis, na saúde, bem como identificar qual a intervenção com mais impacto numa população geral, com doenças crónicas ou com risco elevado de desenvolverem. Para tal, foi realizado um estudo exaustivo, que permitiu estimar o efeito das intervenções (dieta, atividade física e apoio psicológico) nos *outcomes* em estudo. Posteriormente, foi possível desenvolver um modelo teórico, com várias intervenções e combinações de intervenções, representadas por casos hipotéticos. Em seguida, foi desenvolvido o modelo de simulação baseado em agentes, no qual foram aplicadas as funções de influência a uma amostra da população europeia, caracterizada nesta dissertação.

Ao fim da realização de várias simulações, foi possível analisar que das intervenções com uma variável, a mais eficaz é a da dieta, para o IMC, e da atividade física para a HbA1c. O apoio psicológico também obteve bons resultados para a HbA1c, embora menor que as restantes intervenções, no entanto alguns estudos (e.g. [36]) indicam que o seu efeito é muito superior, quando combinado com outras intervenções.

Salienta-se ainda, a importância das estratégias de intervenção. De facto, a intervenção *face-to-face* (dieta + atividade física) obteve melhores resultados, comparativamente com a intervenção da Internet, sendo por isso, mais eficaz. Contudo, é necessário ter em conta quais os objetivos e recursos disponíveis para o desenvolvimento da

mesma. Isto porque, cada vez mais os programas via Internet e TV são implementados e utilizados com sucesso, sendo vantajosos relativamente ao número de participantes que é possível incluir, e à menor utilização de recursos.

Ao longo deste estudo verifica-se, de uma forma geral, que as intervenções de duas variáveis obtêm melhores resultados do que as de uma variável, e que a intervenção com três variáveis (D + AF + AP) é mais eficiente do que as restantes. Isto deve-se à maior complexidade das intervenções com mais variáveis, e ao aumento da população-alvo dos participantes. Isto sugere que, quanto mais completa for a intervenção, melhor serão os resultados e mais participantes esta incluirá.

Além das alterações nos *outcomes* do estudo, é importante fazer referência à alteração dos estados de risco dos participantes. O número de pré-diabéticos, pré-obesos e obesos diminuiu, os diabéticos melhoraram o controlo glicémico, e os participantes sedentários, submetidos às intervenções com exercício físico, alteram este fator de risco.

Contudo, é fundamental ter em consideração que conclusões relativas aos resultados obtidos no modelo de simulação, não podem ser generalizadas devido às limitações dos dados utilizados como *input*.

Este trabalho de investigação fornece uma vantagem à comunidade científica, na medida em que reúne as relações de comparação entre diferentes intervenções e *outcomes*, bem como o respetivo efeito em populações-alvo diferentes. O modelo desenvolvido é uma ferramenta útil, que pode ser aplicada a diferentes amostras de populações, sem restrição no tamanho da mesma. Além disso, esta ferramenta caracteriza-se por ser um “laboratório” de intervenções, através do qual podem ser testadas diferentes políticas de promoção de estilos de vida saudáveis, com variadas populações-alvo, e avaliados os comportamentos dos pacientes. É fundamental referir, que a ferramenta de modelação e simulação baseada em agentes, permitiu determinar o efeito da combinação das intervenções, sem que houvesse uma função específica para o mesmo. Ou seja, a partir das funções individuais de cada intervenção, o programa permitiu calcular o seu efeito combinado, mesmo em populações diferentes. Por último, é importante salientar o carácter inovador deste trabalho, tendo em conta que duas áreas díspares foram unidas, o método ABM e o estudo preventivo epidemiológico, com o propósito maior de determinar quais as políticas de intervenção mais eficientes, que se adequam à nossa sociedade, tendo em conta as diferentes necessidades.

Com o constante desenvolvimento da sociedade e da saúde, é necessário o desenvolvimento e evolução de modelos de sistemas complexos, que permitam, não só, o

estudo da prevenção de doenças crónicas e gestão de controlo das mesmas, mas também o estudo de outros problemas atuais de saúde pública.

6.2 Limitações e trabalhos futuros

Esta investigação foi bem sucedida, os objetivos propostos foram alcançados, e a metodologia de simulação desenvolvida é uma ferramenta útil e bem estruturada. No entanto, apresenta algumas limitações que não puderam ser contornadas, tendo em conta a limitação de tempo e recursos.

Em primeiro lugar é necessário referir que o modelo de simulação desenvolvido e testado está incompleto, comparativamente com o modelo teórico, inicialmente apresentado na Secção 4.1. Isto acontece, porque na pesquisa realizada na literatura existente, não foram encontradas intervenções na TV, para os *outcomes* e para a população em estudo. Quanto às intervenções pela Internet, apenas foram encontradas intervenções de dieta + atividade física. Certas intervenções *face-to-face* apresentam os *outcomes* incompletos, como é o caso da intervenção do apoio psicológico, que tem apenas a influência da HbA1c. O *outcome* da qualidade de vida, foi no geral, difícil de estimar. Apenas as intervenções da dieta + atividade física, dieta + atividade física + apoio psicológico e da Internet apresentam resultados para este *outcome*. Assim, as conclusões não podem ser generalizadas, tendo em conta os casos de estudo em falta.

Outra limitação está relacionada com a junção das intervenções, realizada para estimar o efeito conjunto. Para alguns *outcomes* e intervenções, não foram encontradas na literatura, as funções de influência esperadas. Para contornar esta situação, e especificamente no caso da intervenção da atividade física + apoio psicológico, o efeito no *outcome* da HbA1c foi somado porque se tratava da mesma população-alvo. No entanto, na realidade o efeito da junção de intervenções é superior ao efeito resultante da soma, isto porque cada intervenção tem um peso diferente. Ainda sobre a mesma situação, o que acontece é que a maioria das intervenções têm populações-alvo diferentes. Por isso, como referido anteriormente, não se podem somar as influências. Neste caso, o programa assume que as intervenções decorrem ao mesmo tempo, sendo que, no fim, faz uma média de todos os resultados obtidos. Assim, embora não haja a soma das influências nem das populações, o resultado será também maior quando comparado com as intervenções individuais. No entanto, não tão grande como se fossem somadas diretamente as influências, antes das intervenções.

Adicionalmente, os *outcomes* são variáveis globais, assim, quando há uma intervenção específica para diabéticos, os valores da HbA1c inicial e final, correspondem à média da população total, e não apenas aos participantes da intervenção. Seria interessante avaliar a alteração de cada população, num trabalho futuro. Para além disso, os efeitos observados nos *outcomes* são reduzidos, devido ao curto espaço temporal das intervenções retiradas da literatura, e utilizadas na implementação do modelo. Numa situação futura, poderia ser estimado o efeito de intervenções mais longas, nos *outcomes*, e avaliar situações de *follow-up* após cada intervenção. Isto porque cada variável tem um impacto diferente, tendo em conta a duração da intervenção, ou um *follow-up* de curto ou longo prazo.

Por fim, considera-se que modelo pode ser expandido e melhorado, tendo em conta as limitações referidas. Além disso, seria também interessante avaliar a alteração de certos comportamentos de risco, como hábitos de tabagismo e consumo alcoólico, como foi realizado para os comportamentos sedentários, após as intervenções com exercício físico. Sugere-se ainda, que seja avaliada a adesão às intervenções, tendo em conta as características socioeconómicas, e a interação entre os participantes, ou seja, espera-se que os participantes que interagem entre si, tenham uma maior adesão, do que aqueles que não interagem.

A ferramenta desenvolvida não foi validada, uma vez que não existem dados reais que possibilitem a comparação com os resultados obtidos na simulação. Seria necessário comparar com resultados reais, relativos aos efeitos destas intervenções nos *outcomes* em estudo.

Referências

- [1] S. S. Anand and S. Yusuf, "Stemming the global tsunami of cardiovascular disease.," *Lancet (London, England)*, vol. 377, no. 9765, pp. 529–32, Feb. 2011.
- [2] D. Lloyd-Jones *et al.*, "Heart Disease and Stroke Statistics--2010 Update: A Report From the American Heart Association," *Circulation*, vol. 121, no. 7, pp. e46–e215, Feb. 2010.
- [3] "NCDs | Noncommunicable diseases and their risk factors," *WHO*, 2018.
- [4] "WHO | Global Action Plan for the Prevention and Control of NCDs 2013-2020," *WHO*, 2015.
- [5] A. S. Go *et al.*, "Heart Disease and Stroke Statistics--2014 Update: A Report From the American Heart Association," *Circulation*, vol. 129, no. 3, pp. e28–e292, Jan. 2014.
- [6] C. McGorrian *et al.*, "Estimating modifiable coronary heart disease risk in multiple regions of the world: the INTERHEART Modifiable Risk Score," *Eur. Heart J.*, vol. 32, no. 5, pp. 581–589, Mar. 2011.
- [7] M. Ng *et al.*, "Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013," *Lancet*, vol. 384, no. 9945, pp. 766–781, Aug. 2014.
- [8] I.-M. Lee *et al.*, "Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy," *Lancet*, vol. 380, no. 9838, pp. 219–229, Jul. 2012.
- [9] V. Kontis *et al.*, "Contribution of six risk factors to achieving the 25×25 non-communicable disease mortality reduction target: a modelling study," *Lancet*, vol. 384, no. 9941, pp. 427–437, Aug. 2014.
- [10] M. Ezzati and E. Riboli, "Can Noncommunicable Diseases Be Prevented? Lessons from Studies of Populations and Individuals," *Science (80-.)*, vol. 337, no. 6101, pp. 1482–1487, Sep. 2012.
- [11] J. B. Homer and G. B. Hirsch, "System dynamics modeling for public health: background and opportunities.," *Am. J. Public Health*, vol. 96, no. 3, pp. 452–8, Mar. 2006.
- [12] S. Tisue and U. Wilensky, "NetLogo: Design and implementation of a multi-agent modeling environment," *Proc. Agent*, vol. 2004, pp. 7–9, 2004.
- [13] "WHO | The database," *WHO*, 2018.
- [14] "Database - Eurostat." [Online]. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. [Acedido em: 12-Jul-2018].
- [15] A. H. Mokdad, J. S. Marks, D. F. Stroup, and J. L. Gerberding, "Actual Causes of Death in the United States, 2000," *JAMA*, vol. 291, no. 10, p. 1238, Mar. 2004.
- [16] L. J. Fine, G. S. Philogene, R. Gramling, E. J. Coups, and S. Sinha, "Prevalence of multiple chronic disease risk factors: 2001 National Health Interview Survey," *Am. J. Prev. Med.*, vol. 27, no. 2, pp. 18–24, Aug. 2004.
- [17] F. W. Booth, M. V. Chakravarthy, S. E. Gordon, and E. E. Spangenburg, "Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy," *J. Appl. Physiol.*, vol. 93, no. 1, pp. 3–30, Jul. 2002.
- [18] S. N. Blair, Y. Cheng, and J. S. Holder, "Is physical activity or physical fitness more

- important in defining health benefits?," *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 33, no. 6 Suppl, pp. S379-99; discussion S419-20, Jun. 2001.
- [19] K. M. Eriksson, C.-J. Westborg, and M. C. E. Eliasson, "A randomized trial of lifestyle intervention in primary healthcare for the modification of cardiovascular risk factors The Björknäs study," *Scand. J. Public Health*, vol. 34, no. 5, pp. 453-461, Oct. 2006.
- [20] R. R. Pate *et al.*, "Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine," *JAMA*, vol. 273, no. 5, pp. 402-7, Feb. 1995.
- [21] N. 2014. J. Shad, Brandon [1] C. G. Ramos, S. A. Sousa, A. M. Grilo, J. R. Feliciano, and J. H. Leitao, "Retraction for Ramos et al., The Second RNA Chaperone, Hfq2, Is Also Required for Survival under Stress and Full Virulence of *Burkholderia cenocepacia* J2315," J., G. Wallis, L. J. C. van Loon, and J. L. Thompson, "Exercise prescription for the older population: The interactions between physical activity, sedentary time, and adequate nutrition in maintaining musculoskeletal health," *Maturitas*, vol. 93, pp. 78-82, 2016.
- [22] M. V. Chakravarthy, M. J. Joyner, and F. W. Booth, "An Obligation for Primary Care Physicians to Prescribe Physical Activity to Sedentary Patients to Reduce the Risk of Chronic Health Conditions," *Mayo Clin. Proc.*, vol. 77, no. 2, pp. 165-173, Feb. 2002.
- [23] J. E. Manson *et al.*, "A Prospective Study of Walking as Compared with Vigorous Exercise in the Prevention of Coronary Heart Disease in Women," *N. Engl. J. Med.*, vol. 341, no. 9, pp. 650-658, Aug. 1999.
- [24] G. D. Smith and E. Brunner, "Socio-economic differentials in health: The role of nutrition," *Proc. Nutr. Soc.*, vol. 56, no. 1A, pp. 75-90, Mar. 1997.
- [25] R. Tiffin and M. Salois, "Inequalities in diet and nutrition," *Proc. Nutr. Soc.*, vol. 71, no. 01, pp. 105-111, Feb. 2012.
- [26] M. A. Martinez-Gonzalez, M. Bes-Rastrollo, L. Serra-Majem, D. Lairon, R. Estruch, and A. Trichopoulou, "Mediterranean food pattern and the primary prevention of chronic disease: recent developments," *Nutr. Rev.*, vol. 67, pp. S111-S116, May 2009.
- [27] M. A. Martínez-González *et al.*, "Adherence to Mediterranean diet and risk of developing diabetes: prospective cohort study," *BMJ*, vol. 336, no. 7657, pp. 1348-51, Jun. 2008.
- [28] D. Mozaffarian *et al.*, "Incidence of new-onset diabetes and impaired fasting glucose in patients with recent myocardial infarction and the effect of clinical and lifestyle risk factors," *Lancet*, vol. 370, no. 9588, pp. 667-675, Aug. 2007.
- [29] F. Sofi, F. Cesari, R. Abbate, G. F. Gensini, and A. Casini, "Adherence to Mediterranean diet and health status: meta-analysis," *BMJ*, vol. 337, p. a1344, Sep. 2008.
- [30] J. P. Foreyt *et al.*, "Response of free-living adults to behavioral treatment of obesity: Attrition and compliance to exercise," *Behav. Ther.*, vol. 24, no. 4, pp. 659-669, Sep. 1993.
- [31] A. B. Grigsby, R. J. Anderson, K. E. Freedland, R. E. Clouse, and P. J. Lustman, "Prevalence of anxiety in adults with diabetes: a systematic review," *J. Psychosom. Res.*, vol. 53, no. 6, pp. 1053-60, Dec. 2002.
- [32] M. T. Schram, C. A. Baan, and F. Pouwer, "Depression and quality of life in patients with diabetes: a systematic review from the European depression in diabetes (EDID) research consortium," *Curr. Diabetes Rev.*, vol. 5, no. 2, pp. 112-9, May 2009.
- [33] P. J. Lustman, R. J. Anderson, K. E. Freedland, M. de Groot, R. M. Carney, and R. E. Clouse, "Depression and poor glycemic control: a meta-analytic review of the literature," *Diabetes Care*, vol. 23, no. 7, pp. 934-42, Jul. 2000.
- [34] L. E. Egede, P. J. Nietert, and D. Zheng, "Depression and all-cause and coronary heart disease mortality among adults with and without diabetes," *Diabetes Care*, vol. 28, no. 6, pp. 1339-45, Jun. 2005.
- [35] J. van Son *et al.*, "The Effects of a Mindfulness-Based Intervention on Emotional

- Distress, Quality of Life, and HbA1c in Outpatients With Diabetes (DiaMind): A randomized controlled trial," *Diabetes Care*, vol. 36, no. 4, pp. 823–830, Apr. 2013.
- [36] G. Castelnuevo *et al.*, "Cognitive behavioral therapy to aid weight loss in obese patients: current perspectives," *Psychol. Res. Behav. Manag.*, vol. Volume 10, pp. 165–173, Jun. 2017.
- [37] G. Castelnuevo *et al.*, "Chronic care management of globesity: promoting healthier lifestyles in traditional and mHealth based settings," *Front. Psychol.*, vol. 6, p. 1557, 2015.
- [38] C. M. Grilo, R. M. Masheb, M. Brody, C. Toth, C. H. Burke-Martindale, and B. S. Rothschild, "Childhood Maltreatment in Extremely Obese Male and Female Bariatric Surgery Candidates **," *Obes. Res.*, vol. 13, no. 1, pp. 123–130, Jan. 2005.
- [39] J. Tuomilehto *et al.*, "Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus by Changes in Lifestyle among Subjects with Impaired Glucose Tolerance," *N. Engl. J. Med.*, vol. 344, no. 18, pp. 1343–1350, May 2001.
- [40] X. Pi-Sunyer *et al.*, "Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Statement on Obesity and Heart Disease From the Obesity Committee of the," 2005.
- [41] R. Arena *et al.*, "Healthy Lifestyle Interventions to Combat Noncommunicable Disease - A Novel Nonhierarchical Connectivity Model for Key Stakeholders: A Policy Statement from the American Heart Association, European Society of Cardiology, European Association for Cardiovas," *Mayo Clin. Proc.*, vol. 90, no. 8, pp. 1082–1103, 2015.
- [42] A. Singhal and E. M. Rogers, *Entertainment-education : a communication strategy for social change*. L. Erlbaum Associates, 1999.
- [43] F. Chew, S. Palmer, Z. Slonska, and K. Subbiah, "Enhancing Health Knowledge, Health Beliefs, and Health Behavior in Poland through a Health Promoting Television Program Series," *J. Health Commun.*, vol. 7, no. 3, pp. 179–196, May 2002.
- [44] D. F. Roberts and P. G. Christenson, "“Here’s Looking at You, Kid”,"
- [45] A. Smith, "Home Broadband 2010," 2010.
- [46] M. L. A. Lustria, J. Cortese, S. M. Noar, and R. L. Glueckauf, "Computer-tailored health interventions delivered over the web: Review and analysis of key components," *Patient Educ. Couns.*, vol. 74, no. 2, pp. 156–173, Feb. 2009.
- [47] S. L. Saperstein, N. L. Atkinson, and R. S. Gold, "The impact of Internet use for weight loss," *Obes. Rev.*, vol. 8, no. 5, pp. 459–465, Sep. 2007.
- [48] "Body mass index - BMI," Jul. 2018.
- [49] D. M. Nathan, H. Turgeon, and S. Regan, "Relationship between glycated haemoglobin levels and mean glucose levels over time," *Diabetologia*, vol. 50, no. 11, pp. 2239–2244, Oct. 2007.
- [50] T. I. E. International Expert Committee, "International Expert Committee report on the role of the A1C assay in the diagnosis of diabetes," *Diabetes Care*, vol. 32, no. 7, pp. 1327–34, Jul. 2009.
- [51] A. Qaseem, T. J. Wilt, D. Kansagara, C. Horwitch, M. J. Barry, and M. A. Forciea, "Hemoglobin A_{1c} Targets for Glycemic Control With Pharmacologic Therapy for Nonpregnant Adults With Type 2 Diabetes Mellitus: A Guidance Statement Update From the American College of Physicians," *Ann. Intern. Med.*, vol. 168, no. 8, p. 569, Apr. 2018.
- [52] T. W. Group, "The Development of the World Health Organization Quality of Life Assessment Instrument (the WHOQOL)," in *Quality of Life Assessment: International Perspectives*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1994, pp. 41–57.
- [53] G. H. Guya’it, "Measurement of Health-Related Quality of Life in Heart Failure," 1993.
- [54] R. Rabin and F. de Charro, "EQ-5D: a measure of health status from the EuroQol Group," *Ann. Med.*, vol. 33, no. 5, pp. 337–43, Jul. 2001.
- [55] J. E. Ware, Jr., and C. D. Sherbourne, "The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): I. Conceptual Framework and Item Selection," *Medical Care*, vol. 30. Lippincott

- Williams & Wilkins, pp. 473–483.
- [56] “QUESTIONÁRIO DE ESTADO DE SAÚDE (SF-36V2),” 1992.
 - [57] D. A. Luke and K. A. Stamatakis, “Systems Science Methods in Public Health: Dynamics, Networks, and Agents,” *Annu. Rev. Public Health*, vol. 33, no. 1, pp. 357–376, Apr. 2012.
 - [58] M. (Computer scientist) Mitchell, *Complexity : a guided tour*. Oxford University Press, 2009.
 - [59] J. Tan, H. J. Wen, and N. Awad, “Health care and services delivery systems as complex adaptive systems,” *Commun. ACM*, vol. 48, no. 5, p. 36, May 2005.
 - [60] M. J. Smith, S. S. Ellenberg, L. M. Bell, and D. M. Rubin, “Media Coverage of the Measles-Mumps-Rubella Vaccine and Autism Controversy and Its Relationship to MMR Immunization Rates in the United States,” *Pediatrics*, vol. 121, no. 4, pp. e836–e843, Apr. 2008.
 - [61] R. A. Hammond, “Complex systems modeling for obesity research.,” *Prev. Chronic Dis.*, vol. 6, no. 3, p. A97, Jul. 2009.
 - [62] E. Ahmed, A. S. Elgazzar, and A. S. Hegazi, “An Overview of Complex Adaptive Systems,” Jun. 2005.
 - [63] S. Galea, M. Riddle, and G. A. Kaplan, “Causal thinking and complex system approaches in epidemiology,” *Int. J. Epidemiol.*, vol. 39, no. 1, pp. 97–106, Feb. 2010.
 - [64] P. L. Mabry, S. E. Marcus, P. I. Clark, S. J. Leischow, and D. Méndez, “Systems science: a revolution in public health policy research.,” *Am. J. Public Health*, vol. 100, no. 7, pp. 1161–3, Jul. 2010.
 - [65] K. Resnicow and S. E. Page, “Embracing chaos and complexity: a quantum change for public health.,” *Am. J. Public Health*, vol. 98, no. 8, pp. 1382–9, Aug. 2008.
 - [66] J. M. Epstein, *Generative social science : studies in agent-based computational modeling*. Princeton University Press, 2006.
 - [67] J. Homer, J. Ritchie-Dunham, H. Rabbino, L. M. Puente, J. Jorgensen, and K. Hendricks, “Toward a dynamic theory of antibiotic resistance,” *Syst. Dyn. Rev.*, vol. 16, no. 4, pp. 287–319, 2000.
 - [68] M. Allen *et al.*, “What is discrete event simulation, and why use it?,” 2015.
 - [69] S. Ressler, “Social Network Analysis as an Approach to Combat Terrorism: Past, Present, and Future Research.”
 - [70] J. Balthrop, S. Forrest, M. E. J. Newman, and M. M. Williamson, “Technological networks and the spread of computer viruses,” Jul. 2004.
 - [71] D. S. Bassett and E. Bullmore, “Small-World Brain Networks,” *Neurosci.*, vol. 12, no. 6, pp. 512–523, Dec. 2006.
 - [72] T. A. DiPrete, A. Gelman, T. McCormick, J. Teitler, and T. Zheng, “Segregation in social networks based on acquaintanceship and trust.,” *AJS.*, vol. 116, no. 4, pp. 1234–83, Jan. 2011.
 - [73] D. A. Luke and J. K. Harris, “Network Analysis in Public Health: History, Methods, and Applications,” *Annu. Rev. Public Health*, vol. 28, no. 1, pp. 69–93, Apr. 2007.
 - [74] A. Borshchev and A. Filippov, “From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools.”
 - [75] N. D. Osgood and N. Osgood, “Using traditional and agent based toolset for system dynamics: Present tradeoffs and future evolution Using Traditional and Agent Based Toolsets for System Dynamics: Present Tradeoffs and Future Evolution,” 2007.
 - [76] W. Rand and R. T. Rust, “Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor,” *Int. J. Res. Mark.*, vol. 28, no. 3, pp. 181–193, Sep. 2011.
 - [77] P. O. Siebers, C. M. Macal, J. Garnett, D. Buxton, and M. Pidd, “Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation!,” *J. Simul.*, vol. 4, no. 3, pp. 204–210, Sep. 2010.
 - [78] J. M. Epstein, “Agent-based computational models and generative social science,” *Complexity*, vol. 4, no. 5, pp. 41–60, May 1999.

- [79] U. Bilge and O. Saka, "Agent based simulations in healthcare.," *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 124, pp. 699–704, 2006.
- [80] R. Axelrod, "Chapter 33 Agent-based Modeling as a Bridge Between Disciplines," *Handb. Comput. Econ.*, vol. 2, pp. 1565–1584, Jan. 2006.
- [81] A. F. Griffin and C. Stanish, "Structure and Dynamics: eJournal of Anthropological and Related Sciences An Agent-based Model of Prehistoric Settlement Patterns and Political Consolidation in the Lake Titicaca Basin of Peru and Bolivia," 2007.
- [82] C. Taylor, H. Koyuk, J. Coyle, R. Waggoner, and K. Newman, "Final Report: An Agent-Based Model of Predator-Prey Relationships Between Transient Killer Whales and Other Marine Mammals," 2007.
- [83] Conway and S. R., "An Agent-Based Model for Analyzing Control Policies and the Dynamic Service-Time Performance of a Capacity-Constrained Air Traffic Management Facility," Jan. 2006.
- [84] G. Taylor, R. Frederiksen, R. R. Vane, and E. Waltz, "Agent-based Simulation of Geo-Political Conflict," 2004.
- [85] J. H. Holland and J. H. Miller, "Artificial Adaptive Agents in Economic Theory," 1991.
- [86] L. Tesfatsion, "Agent-Based Computational Economics *," 2002.
- [87] M. Amini, T. Wakolbinger, M. Racer, and M. G. Nejad, "Alternative supply chain production–sales policies for new product diffusion: An agent-based modeling and simulation approach," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 216, no. 2, pp. 301–311, Jan. 2012.
- [88] T. Zhang and D. Zhang, "Agent-based simulation of consumer purchase decision-making and the decoy effect," *J. Bus. Res.*, vol. 60, no. 8, pp. 912–922, Aug. 2007.
- [89] J. Goldenberg, S. Han, D. R. Lehmann, and J. W. Hong, "The Role of Hubs in the Adoption Process," *J. Mark.*, vol. 73, no. 2, pp. 1–13, Mar. 2009.
- [90] "Agent-Based Modeling of Chronic Diseases : A Narrative Review and Future," pp. 1–8, 2016.
- [91] "Why, When, and Where to Use Software Agents." [Online]. Disponível em: <http://www.agentbuilder.com/Documentation/whyAgents.html>. [Acedido em: 06-Jul-2018].
- [92] B. Y. Lee *et al.*, "A Computer Simulation of Employee Vaccination to Mitigate an Influenza Epidemic," *Am. J. Prev. Med.*, vol. 38, no. 3, pp. 247–257, Mar. 2010.
- [93] J. M. Epstein, "Modelling to contain pandemics," *Nature*, vol. 460, no. 7256, pp. 687–687, Aug. 2009.
- [94] D. M. Gorman, J. Mezic, I. Mezic, and P. J. Gruenewald, "Agent-Based Modeling of Drinking Behavior: A Preliminary Model and Potential Applications to Theory and Practice," vol. 9696, no. 11, 2006.
- [95] A. H. Auchincloss, R. L. Riolo, D. G. Brown, J. Cook, and A. V. Diez Roux, "An Agent-Based Model of Income Inequalities in Diet in the Context of Residential Segregation," *Am. J. Prev. Med.*, vol. 40, no. 3, pp. 303–311, Mar. 2011.
- [96] B. D. L. Marshall and S. Galea, "Formalizing the Role of Agent-Based Modeling in Causal Inference and Epidemiology," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 181, no. 2, pp. 92–99, Jan. 2015.
- [97] M. Taboada, E. Cabrera, F. Epelde, M. L. Iglesias, and E. Luque, "Using an Agent-based Simulation for Predicting the Effects of Patients Derivation Policies in Emergency Departments," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 18, pp. 641–650, Jan. 2013.
- [98] J. S. Peck, J. C. Benneyan, D. J. Nightingale, and S. A. Gaehde, "Predicting Emergency Department Inpatient Admissions to Improve Same-day Patient Flow," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 19, no. 9, pp. E1045–E1054, Sep. 2012.
- [99] L. V. Green, J. Soares, J. F. Giglio, and R. A. Green, "Using Queueing Theory to Increase the Effectiveness of Emergency Department Provider Staffing," *Acad. Emerg. Med.*, vol. 13, no. 1, pp. 61–68, Jan. 2006.
- [100] A. K. Hutzschenreuter, P. A. N. Bosman, I. Blonk-Altena, J. van Aarle, and H. La Poutré, "Agent-based patient admission scheduling in hospitals," *Proceedings of the 7th*

- international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: industrial track*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 45–52, 2008.
- [101] B. Y. Lee *et al.*, “A computer simulation of vaccine prioritization, allocation, and rationing during the 2009 H1N1 influenza pandemic,” *Vaccine*, vol. 28, no. 31, pp. 4875–4879, Jul. 2010.
- [102] Centers for Disease Control and Prevention (CDC), “Ten great public health achievements--United States, 2001-2010.,” *MMWR. Morb. Mortal. Wkly. Rep.*, vol. 60, no. 19, pp. 619–23, May 2011.
- [103] R. Axtell *et al.*, “Social Influences and Smoking Behavior: A report from the Center on Social and Economic Dynamics,” 2006.
- [104] P. S. Bearman, K. M. Neckerman, and L. Wright, *After tobacco : what would happen if Americans stopped smoking?* Columbia University Press, 2011.
- [105] R. A. Hammond and J. M. Epstein, “Exploring Price-Independent Mechanisms in the Obesity Epidemic Background – The Facts of the Obesity Epidemic,” 2007.
- [106] R. A. Nianogo and O. A. Arah, “Agent-Based Modeling of Noncommunicable Diseases: A Systematic Review,” *Am. J. Public Health*, vol. 105, no. 3, pp. e20–e31, Mar. 2015.
- [107] Y. Li, N. Kong, M. Lawley, L. Weiss, and J. A. Pagán, “Advancing the Use of Evidence-Based Decision-Making in Local Health Departments With Systems Science Methodologies,” *Am. J. Public Health*, vol. 105, no. S2, pp. S217–S222, Apr. 2015.
- [108] Y. Li, N. Kong, M. A. Lawley, and J. A. Pagán, “Using Systems Science for Population Health Management in Primary Care,” *J. Prim. Care Community Health*, vol. 5, no. 4, pp. 242–246, Oct. 2014.
- [109] K. Kravari and N. Bassiliades, “A Survey of Agent Platforms,” *J. Artif. Soc. Soc. Simul.*, vol. 18, no. 1, 2015.
- [110] N. Minar, R. Burkhart, C. Langton, and M. Askenazi, “The Swarm Simulation System: A Toolkit for Building Multi-agent Simulations,” 1996.
- [111] N. Collier, “RePast: An Extensible Framework for Agent Simulation.”
- [112] S. Luke, C. Cioffi-Revilla, L. Panait, K. Sullivan, and G. Balan, “MASON: A Multiagent Simulation Environment,” *Simulation*, vol. 81, no. 7, pp. 517–527, Jul. 2005.
- [113] S. F. Railsback, S. L. Lytinen, and S. K. Jackson, “Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations,” *Simulation*, vol. 82, no. 9, pp. 609–623, 2006.
- [114] I. Jadalowen and B. H. Far, “Multi-Agent Simulation Using SWARM.”
- [115] K. Kravari and N. Bassiliades, “A Survey of Agent Platforms,” *J. Artif. Soc. Soc. Simul.*, vol. 18, no. 1, 2015.
- [116] J. Khoo *et al.*, “Comparing Effects of Low- and High-Volume Moderate-Intensity Exercise on Sexual Function and Testosterone in Obese Men,” *J. Sex. Med.*, vol. 10, no. 7, pp. 1823–1832, Jul. 2013.
- [117] N. G. Boulé, E. Haddad, G. P. Kenny, G. A. Wells, and R. J. Sigal, “Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials.,” *JAMA*, vol. 286, no. 10, pp. 1218–27, Sep. 2001.
- [118] J. Salas-Salvado *et al.*, “Reduction in the Incidence of Type 2 Diabetes With the Mediterranean Diet: Results of the PREDIMED-Reus nutrition intervention randomized trial,” *Diabetes Care*, vol. 34, no. 1, pp. 14–19, Jan. 2011.
- [119] A. R. Parker, L. Byham-Gray, R. Denmark, and P. J. Winkle, “The Effect of Medical Nutrition Therapy by a Registered Dietitian Nutritionist in Patients with Prediabetes Participating in a Randomized Controlled Clinical Research Trial,” *J. Acad. Nutr. Diet.*, vol. 114, no. 11, pp. 1739–1748, Nov. 2014.
- [120] M. Pibernik-Okanovic, M. Prasek, T. Poljicanin-Filipovic, I. Pavlic-Renar, and Z. Metelko, “Effects of an empowerment-based psychosocial intervention on quality of life and metabolic control in type 2 diabetic patients.,” *Patient Educ. Couns.*, vol. 52, no. 2, pp.

- 193–9, Feb. 2004.
- [121] W. C. Miller, D. M. Koceja, and E. J. Hamilton, “A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention,” *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, vol. 21, no. 10, pp. 941–7, Oct. 1997.
 - [122] B. Blissmer, D. Riebe, G. Dye, L. Ruggiero, G. Greene, and M. Caldwell, “Health-related quality of life following a clinical weight loss intervention among overweight and obese adults: intervention and 24 month follow-up effects,” *Health Qual. Life Outcomes*, vol. 4, no. 1, p. 43, Jul. 2006.
 - [123] R. T. Ackermann, L. G. Sandy, T. Beauregard, M. Coblitz, K. L. Norton, and D. Vojta, “A randomized comparative effectiveness trial of using cable television to deliver diabetes prevention programming,” *Obesity*, vol. 22, no. 7, pp. 1601–1607, Jul. 2014.
 - [124] H. Korda and Z. Itani, “Harnessing Social Media for Health Promotion and Behavior Change,” *Health Promot. Pract.*, vol. 14, no. 1, pp. 15–23, Jan. 2013.
 - [125] H.-S. Kwon *et al.*, “Development of web-based diabetic patient management system using short message service (SMS),” *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 66, pp. S133–S137, Dec. 2004.
 - [126] C. E. Collins *et al.*, “A 12-week commercial web-based weight-loss program for overweight and obese adults: randomized controlled trial comparing basic versus enhanced features,” *J. Med. Internet Res.*, vol. 14, no. 2, p. e57, Apr. 2012.
 - [127] A. W. Meyers, T. J. Graves, J. P. Whelan, and D. R. Barclay, “An evaluation of a television-delivered behavioral weight loss program: are the ratings acceptable?,” *J. Consult. Clin. Psychol.*, vol. 64, no. 1, pp. 172–8, Feb. 1996.
 - [128] “CensusHub2.” [Online]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/CensusHub2/query.do?step=selectHyperCube&qhc=false&onlineflag=false>. [Acedido em: 12-Jul-2018].
 - [129] “Database - Eurostat.” [Online]. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/health/health-status-determinants/data/database>. [Acedido em: 12-Jul-2018].
 - [130] C. E. Eades, E. F. France, and J. M. M. Evans, “Prevalence of impaired glucose regulation in Europe: a meta-analysis,” *Eur. J. Public Health*, vol. 26, no. 4, pp. 699–706, Aug. 2016.
 - [131] “Diabetes in the European Region - Data and statistics,” Jul. 2018.
 - [132] H.-H. König *et al.*, “Comparison of Population Health Status in Six European Countries,” *Med. Care*, vol. 47, no. 2, pp. 255–261, Feb. 2009.
 - [133] J. E. Ware and B. Gandek, “Overview of the SF-36 Health Survey and the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project,” *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 51, no. 11, pp. 903–12, Nov. 1998.
 - [134] “GHO | By category | Raised blood pressure (SBP \geq 140 OR DBP \geq 90), age-standardized (%) - Estimates by country,” *WHO*.
 - [135] “GHO | By category | Alcohol consumers, past 12 months - by country,” *WHO*.
 - [136] “GHO | By category | Prevalence of insufficient physical activity among adults - Data by country,” *WHO*.
 - [137] M. L. SKENDER *et al.*, “Comparison of 2-Year Weight Loss Trends in Behavioral Treatments of Obesity,” *J. Am. Diet. Assoc.*, vol. 96, no. 4, pp. 342–346, Apr. 1996.
 - [138] D. F. Tate, R. R. Wing, and R. A. Winett, “Using Internet technology to deliver a behavioral weight loss program,” *JAMA*, vol. 285, no. 9, pp. 1172–7, Mar. 2001.
 - [139] K. H. Webber, D. F. Tate, D. S. Ward, and J. M. Bowling, “Motivation and Its Relationship to Adherence to Self-monitoring and Weight Loss in a 16-week Internet Behavioral Weight Loss Intervention,” *J. Nutr. Educ. Behav.*, vol. 42, no. 3, pp. 161–167, May 2010.
 - [140] K. M. Ross and R. R. Wing, “Implementation of an Internet Weight Loss Program in a Worksite Setting,” *J. Obes.*, vol. 2016, pp. 1–7, Jan. 2016.
 - [141] S. S. Bassuk and J. E. Manson, “Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease,” *J. Appl. Physiol.*, vol. 99,

- no. 3, pp. 1193–1204, Sep. 2005.
- [142] J. M. Rippe *et al.*, “Improved psychological well-being, quality of life, and health practices in moderately overweight women participating in a 12-week structured weight loss program,” *Obes. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 208–18, May 1998.

Anexos

A. Valores Estatísticos das Características de cada País

Anexo A.1. Características de cada país (³Dados retirados da plataforma Eurostat [14]; ⁴Dados retirados da plataforma WHO [13]; TOTAL⁵ corresponde ao total de todos países)

CARACTERÍSTICAS	TOTAL ⁵	Áustria	Bélgica	Bulgária	Rep. Checa	Croácia	Chipre	Dinamarca	Estónia	Finlândia	França	Alemanha	Grécia
População total³	417204211	7107480	8756344	6177660	8585396	3595138	673288	4349596	1457686	4432732	52336019	67085343	9278534
Homens³	202000010	3402029	4254112	2976206	4158450	1693460	323028	2136159	641011	2135737	24740035	32405360	4481330
	48.42%												
Mulheres³	51.58%												
Idade [18, 20] anos³	1051630	203915	272021	165947	249206	98750	23647	140521	29906	135465	1658402	1684819	232419
	0.252%												
Idade ≥ 85 anos³	1075782	198634	248225	248225	154681	60600	10740	111316	22873	114160	1629587	1885165	230961
	0.258%												
IMC³													
Abaixo do peso IMC < 18.5	2.30%	2.40%	2.70%	2.20%	1.10%	1.90%	3.90%	2.20%	2.20%	1.20%	3.20%	1.80%	1.90%
Peso normal IMC= [18.5, 25[	46.17%	49.60%	48.00%	43.80%	42.10%	40.70%	47.80%	50.00%	43.90%	44.10%	49.60%	46.10%	41.30%
Excesso de Peso IMC= [25, 30[	35.67%	33.30%	35.30%	39.20%	37.60%	38.70%	33.80%	32.90%	33.50%	36.40%	31.90%	35.20%	39.40%
Obesidade IMC ≥ 30	19.19%	14.70%	14.00%	14.80%	19.30%	18.70%	14.50%	14.90%	20.40%	18.30%	15.30%	16.90%	17.30%
Pressão arterial elevada⁴	28.26%	27.40%	23.50%	36.30%	34.10%	41.00%	22.10%	27.00%	34.30%	26.50%	28.50%	27.70%	26.00%
Consumo de tabaco³	24.50%	30.30%	23.20%	35.50%	29.00%	29.40%	30.30%	21.20%	28.40%	19.50%	28.70%	22.00%	33.30%
Consumo de álcool⁴	76.00%	77.40%	82.30%	67.40%	89.10%	80.50%	85.00%	88.60%	65.20%	68.00%	94.80%	80.30%	66.20%
Inatividade física⁴	26.14%	23.80%	33.20%	21.00%	23.80%	16.20%	34.70%	24.30%	11.90%	23.50%	23.80%	21.10%	12.90%

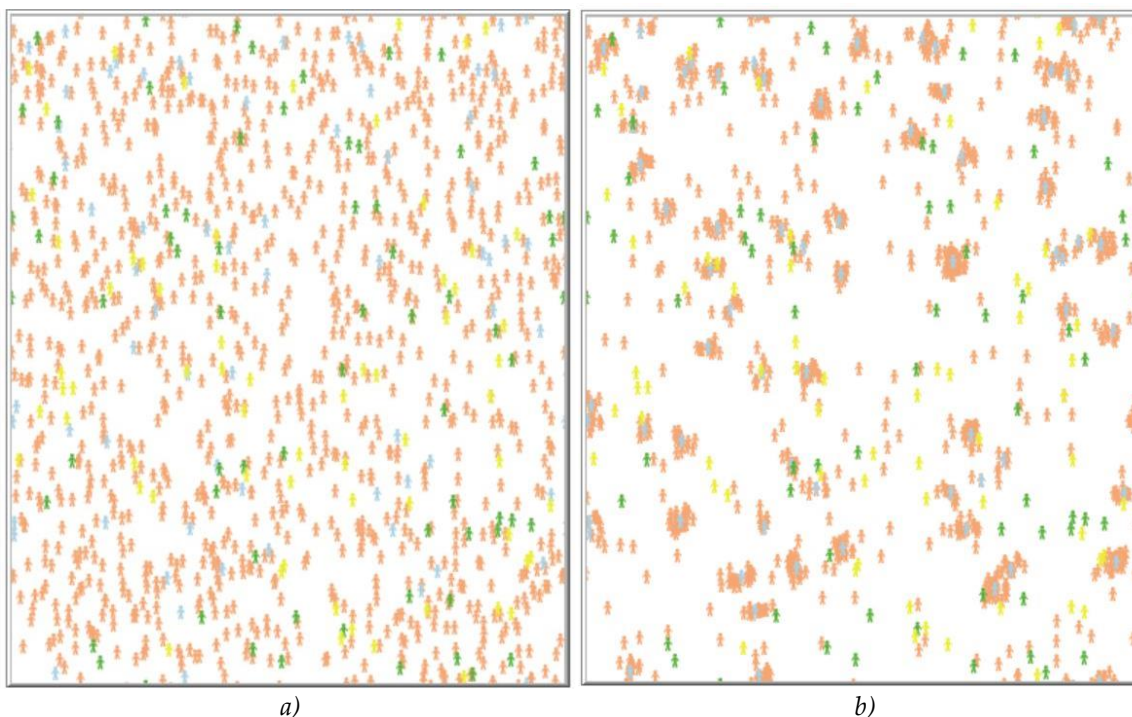
Anexo A.2. Continuação do Anexo A.1

CARACTERÍSTICAS	Hungria	Islândia	Irlanda	Itália	Letónia	Lituânia	Luxemburgo	Holanda	Reino Unido	Noruega	Malta	Polónia	Portugal
População total³	8376880	236347	3500132	51369324	1711821	2554451	405121	13514544	46983117	3970139	340547	31715196	8955128
Homens³	3870797	117611	1712724	24341424	762671	1133333	200001	6591243	24757345	1966275	168106	15023401	4185447
Idade [18, 20] anos³	246230	9598	113243	1186268	55971	94508	11941	411736	1652620	130408	11025	1017600	232641
Idade ≥ 85 anos³	165017	5142	58242	1691145	33359	51219	8194	306719	1391985	113852	6477	531532	234331
IMC³													
Abaixo do peso IMC < 18.5	2.90%	1.20%	1.90%	3.30%	1.70%	1.90%	2.80%	1.60%	2.10%	1.80%	2.00%	2.40%	1.80%
Peso normal IMC= [18.5, 25[	41.90%	41.20%	42.30%	51.90%	41.80%	42.50%	49.30%	49.00%	42.20%	49.00%	37.00%	42.90%	44.60%
Excesso de Peso IMC= [25, 30[	34.00%	38.60%	37.00%	34.10%	35.20%	38.30%	32.40%	36.00%	35.60%	36.20%	35.00%	37.50%	36.90%
Obesidade IMC ≥ 30	21.20%	19.00%	18.70%	10.80%	21.30%	17.30%	15.60%	13.30%	20.10%	13.10%	26.00%	17.20%	16.60%
Pressão arterial elevada⁴	36.70%	23.20%	22.80%	29.70%	36.40%	34.50%	26.20%	25.00%	20.30%	24.90%	24.90%	34.20%	31.70%
Consumo de tabaco³	27.80%	19.60%	22.40%	23.20%	30.10%	25.80%	20.80%	25.70%	17.50%	20.80%	24.60%	26.90%	20.50%
Consumo de álcool⁴	81.40%	67.90%	80.90%	67.60%	67.70%	65.30%	93.90%	88.20%	83.90%	85.90%	60.60%	51.70%	57.00%
Inatividade física⁴	18.10%		35.10%	33.20%	22.00%	18.40%	28.50%	15.50%	37.30%	25.80%	42.90%	18.70%	34.90%

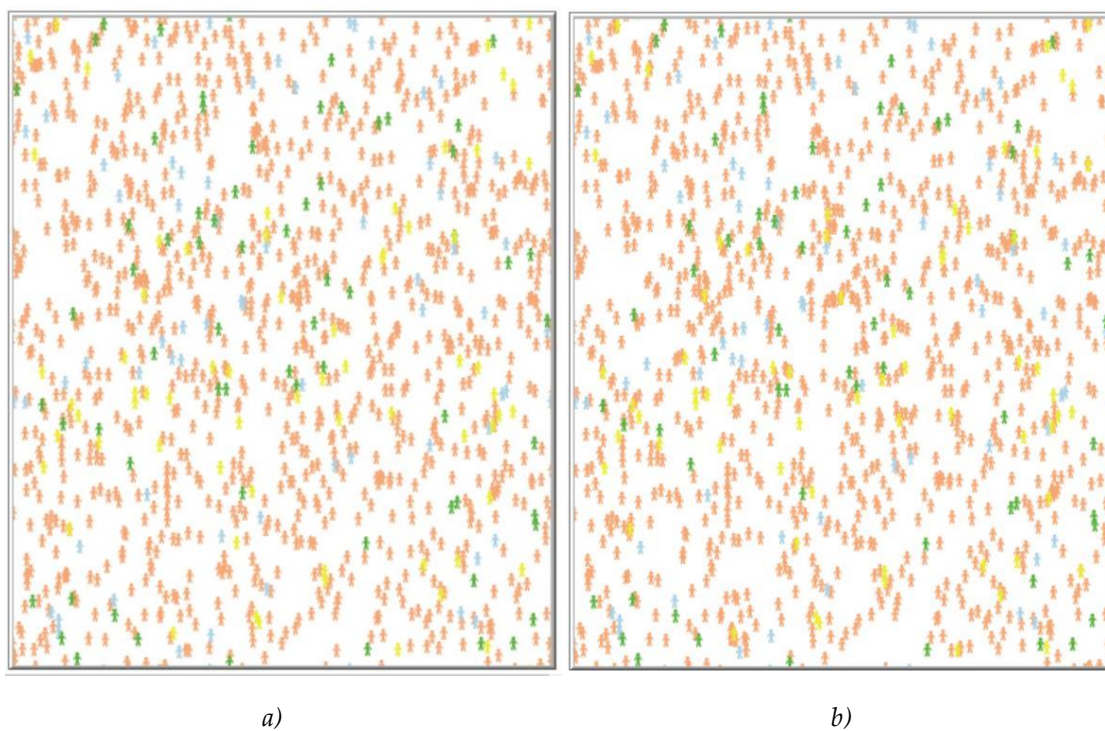
Anexo A.3. Continuação do Anexo A.2

CARACTERÍSTICAS	Romênia	Eslováquia	Eslovênia	Espanha	Suécia
População total³	16269839	4375783	1750452	39776525	7563649
Homens³	7811965	2103893	850615	19315535	3740707
Idade [18, 20] anos³	446297	148454	42683	914695	257440
Idade ≥ 85 anos³	263262	60801	34098	1083495	253327
IMC³					
Abaixo do peso IMC < 18.5	1.30%	2.10%	1.60%	2.20%	1.80%
Peso normal IMC= [18.5, 25[	42.90%	46.00%	41.80%	45.40%	48.30%
Excesso de Peso IMC= [25, 30[	46.40%	38.00%	37.40%	35.70%	35.90%
Obesidade IMC > 30	94.00%	16.30%	19.20%	16.70%	14.00%
Pressão arterial elevada⁴	35.40%	33.00%	38.20%	25.20%	25.90%
Consumo de tabaco³	26.50%	30.00%	24.70%	26.00%	17.10%
Consumo de álcool⁴	67.60%	65.80%	67.60%	68.30%	68.80%
Inatividade física⁴	25.30%	17.80%	21.30%	30.50%	28.70%

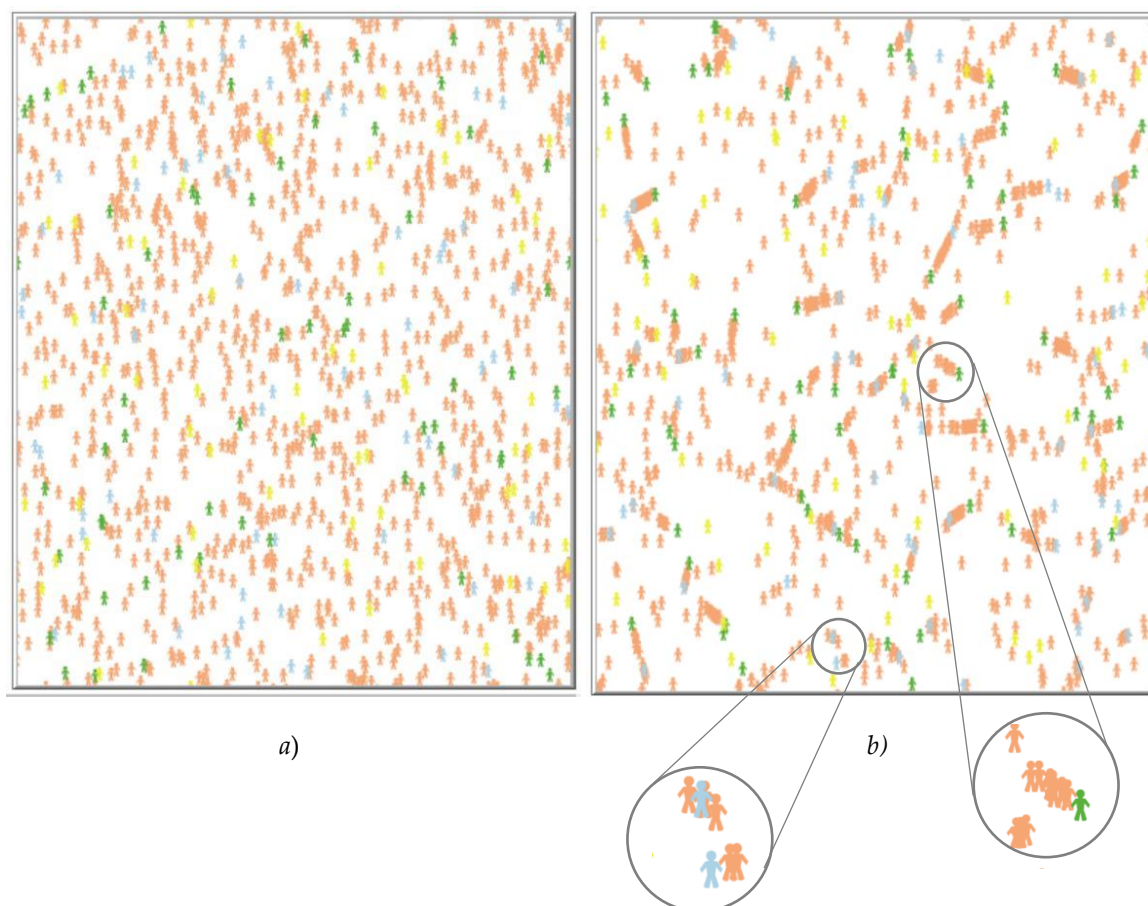
B. Painel de Interação de Agentes em Diferentes Intervenções



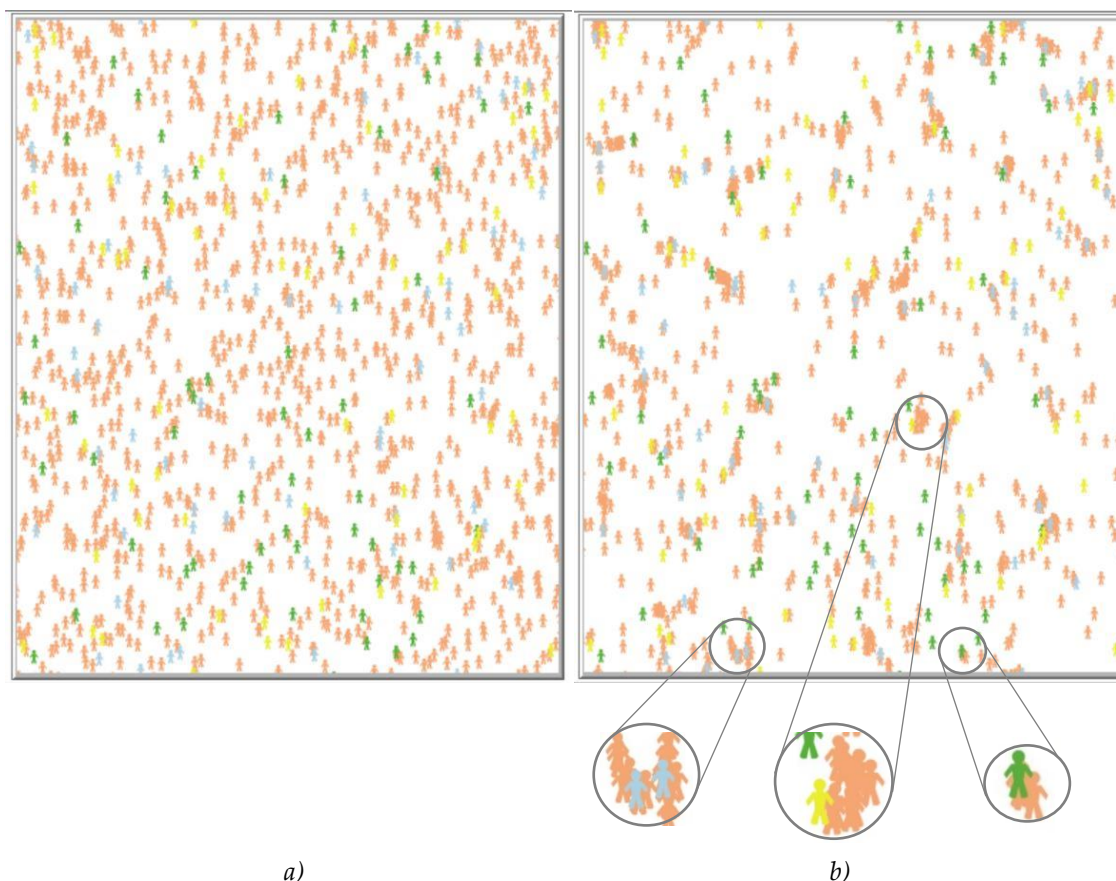
Anexo B.1. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção da Atividade Física



Anexo B.2. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção de Apoio Psicológico

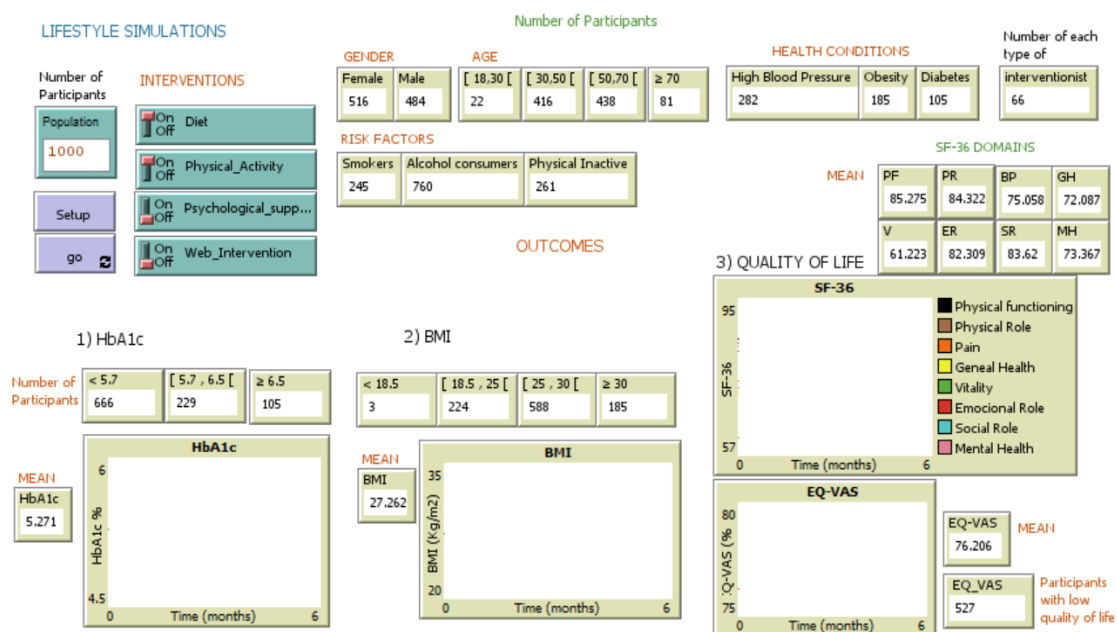


Anexo B.3. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção Dieta + Atividade Física

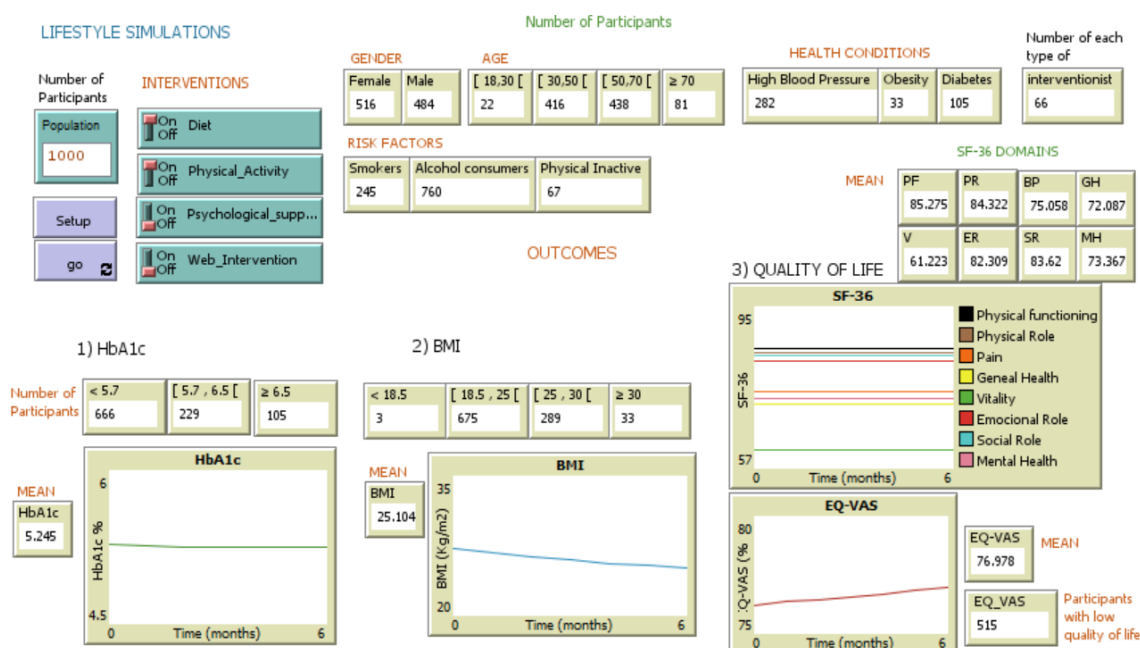


Anexo B.4. Painel de interação a) na baseline e b) após a intervenção Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico

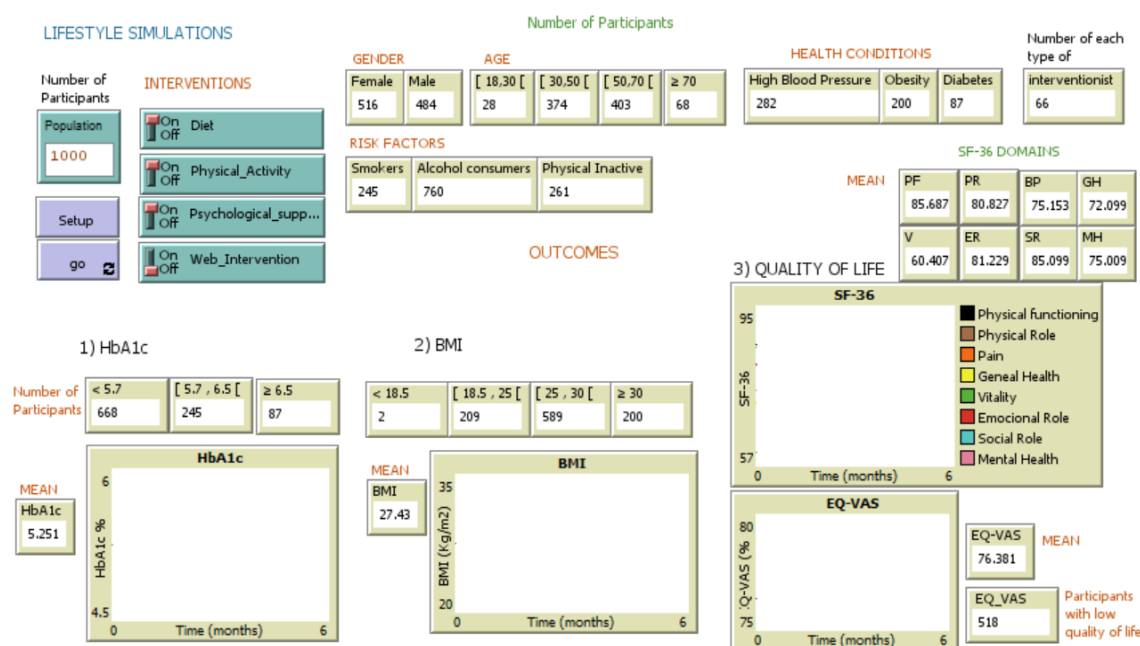
C. Interface de Simulação



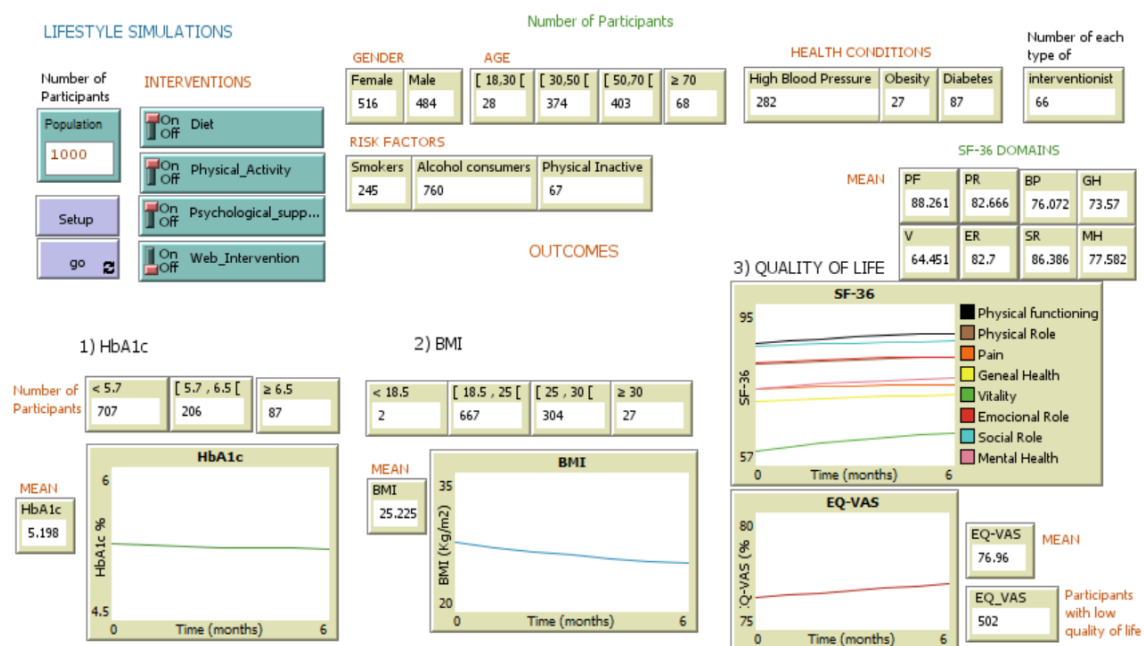
Anexo C.1. Interface com valores baseline antes da intervenção dieta + atividade física



Anexo C.2. Interface após intervenção Dieta + Atividade Física



Anexo C.3. Interface com os valores baseline dos participantes antes da intervenção dieta + atividade física + apoio psicológico



Anexo C.4. Interface após a intervenção Dieta + Atividade Física + Apoio Psicológico